ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE
PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DU Dr TOULOUSE

BIBLIOTHÈQUE DE PALÉONTOLOGIE

DIRECTEUR M. BOULE

Paléontologie végétale

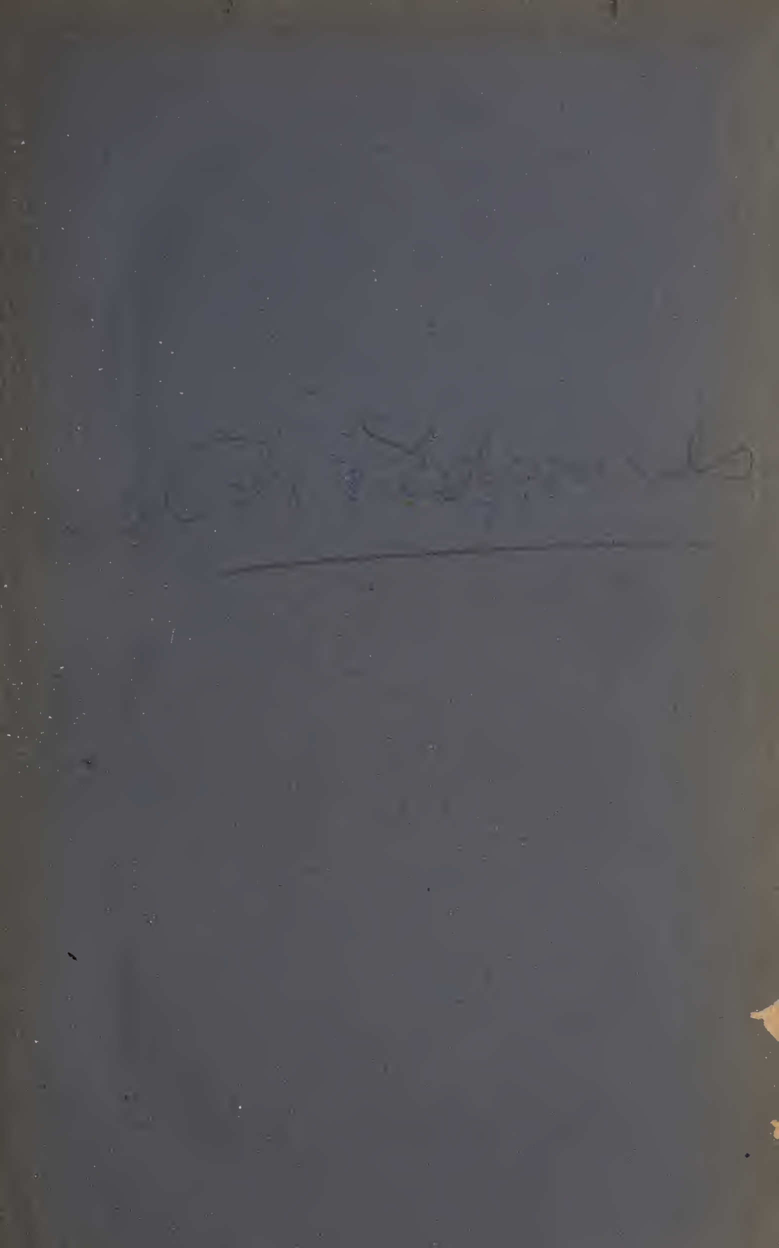
Cryptogames cellulaires et Cryptogames vasculaires

PAR
FERNAND PELOURDE



O. DOIN ET FILS, EDITEURS, PARIS





Octave DOIN et Fils, Éditeurs, 8, place de l'Odéon, Paris.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

Publiée sous la direction du Dr TOULOUSE

BIBLIOTHÈQUE

DE PALÉONTOLOGIE

Directeur : **Marcellin BOULE**

Professeur au Muséum national d'Histoire naturelle

La Paléontologie a pour objet l'étude des êtres qui ont vécu sur la terre avant les temps actuels. Ces êtres anciens nous sont connus par les *fossiles*, qui représentent leurs restes ou leurs traces conservés dans les terrains sédimentaires. La Paléontologie peut donc aussi se définir : la science des fossiles.

Elle se divise en deux grandes branches : la *Paléozoologie*, correspondant à l'étude des animaux fossiles ; la *Paléophytologie*, ou *Paléobotanique*, correspondant à l'étude des végétaux fossiles.

La Paléontologie est une science toute moderne. Pendant l'antiquité et le moyen âge on n'a eu sur les fossiles que des idées tout à fait erronées. A la Renaissance, quelques grands esprits, Léonard de Vinci, Bernard Palissy, reconnurent la nature exacte des « pétrifications ». Les fossiles étaient alors collectionnés à titre de curiosités, de « jeux de la nature ».

Au début du xixe siècle, Georges Cuvier fit faire de tels progrès à l'étude des fossiles qu'il doit être considéré comme le véritable fondateur de la Paléontologie.

Cuvier déclara d'abord que les animaux fossiles étaient différents des animaux actuels. Et pour démontrer cette importante proposition, il fut amené à créer l'anatomie comparée. Il reconnut ensuite que les animaux fossiles diffèrent d'autant plus des animaux actuels qu'ils se trouvent dans des couches géologiques plus anciennes. De là sa théorie des révolutions du globe et des créations successives.

Depuis Cuvier, la Paléontologie a fait d'immenses progrès. Partout on s'est livré à l'étude des fossiles. Les recherches entreprises dans les régions du globe les plus diverses ont conduit à de merveilleuses découvertes. Toutes les nations civilisées ont créé des chaires et des publications spéciales, et toutes rivalisent pour organiser des musées de paléontologie où sont rassemblés les débris des innombrables créatures du passé.

La Paléontologie, dans son développement actuel, répond à des préoccupations diverses, elle poursuit un triple but :

1° La Paléontologie fait d'abord œuvre purement zoologique ou botanique, en étudiant les fossiles en eux-mêmes, pour établir les différences qui les distinguent des animaux ou des végétaux actuels ; elle se contente ainsi de grossir les catalogues des êtres animés.

2° La Paléontologie fait œuvre géologique, car les fossiles fournissent aux géologues de précieuses indications sur la manière dont les terrains qui les renferment se sont formés. A la lumière des enseignements tirés de l'étude des êtres vivants analogues, on peut déterminer les milieux dans lesquels les êtres fossiles ont vécu et les conditions de dépôt des couches qui les contiennent. La Paléontologie fait surtout œuvre géologique lorsqu'elle considère les fossiles plutôt au point de vue de leur antiquité relative qu'au point de vue de leurs caractères zoologiques ou botaniques. Elle rend alors à la géologie un service capital. « Les fossiles, a-t-on dit, sont les médailles de la création. » Cela signifie que

les fossiles ont pour le géologue la même utilité pratique que les médailles pour les historiens. Chaque terrain a ses fossiles caractéristiques et, grâce aux fossiles, la géologie, en possession d'une chronologie, devient une science historique. Lorsque les paléontologistes poursuivent ainsi un but essentiellement pratique, en aidant les géologues à classer les couches en strates, ils font de la *Paléontologie stratigraphique*.

3° Une troisième manière de comprendre la Paléontologie consiste à combiner les deux premières, à demander à la Paléozoologie ou à la Paléobotanique associées à la géologie, c'est-à-dire à la chronologie, de s'éclairer et de se compléter mutuellement. C'est la *Paléontologie historique*, dont le but est de reconstituer l'histoire du monde animé, à la fois dans son ensemble et dans le détail des divers groupes zoologiques ou botaniques.

Cette manière de comprendre la paléontologie correspond à une étape beaucoup plus avancée de l'évolution de la science des fossiles, puisqu'elle s'attache à voir les ressemblances après s'être attachée à voir les différences, puisqu'elle fait succéder la synthèse à l'analyse. En nous révélant les « enchaînements » du monde animal ou du monde végétal, en nous permettant de reconstituer les généalogies « d'une multitude d'êtres qui, autrefois, semblaient des enfants perdus », suivant les heureuses expressions d'Albert Gaudry, elle apporte à la doctrine générale de l'évolution la plus éclatante confirmation, car en cette matière ce sont les arguments paléontologiques qui ont le plus de valeur, étant des arguments de faits.

Les volumes composant cette petite collection devront former un véritable traité élémentaire de Paléontologie, où cette science sera exposée aux trois points de vue qui viennent d'être définis. Mais comme il ne saurait être question de décrire ici tous les fossiles connus à ce jour et que, d'autre part, la Paléontologie purement stratigraphique est plutôt

un instrument de travail géologique qu'une science véritable, c'est principalement le côté historique et philosophique de la science qui sera envisagé à propos de chaque grand groupe zoologique ou botanique.

Les volumes sont publiés dans le format in-18 jésus cartonné ; ils forment chacun 350 pages environ avec ou sans figures dans le texte. Le prix marqué de chacun d'eux, quel que soit le nombre de pages, est fixé à 5 francs. Chaque volume se vend séparément.

Voir, à la fin du volume, la notice sur l'ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE, pour les conditions générales de publication.

TABLE DES VOLUMES
ET LISTE DES COLLABORATEURS

*Les volumes publiés sont indiqués par un **

PALÉOZOOLOGIE

1. **Les fossiles. Fossilisation. Histoire de la Paléontologie.**
2. **Les Protozoaires. Les Spongiaires.**
3. **Les Cœlentérés. Les Echinodermes.**
4. **Les Vers. Les Bryozoaires. Les Brachiopodes.**
5. **Les Mollusques pélécypodes, gastropodes et ptéropodes.**
6. **Les Mollusques céphalopodes,** par A. Thevenin, assistant de Paléontologie au Muséum.
7. **Les Poissons et les Amphibiens.**
8. **Les Reptiles et les Oiseaux,** par A. Thevenin, assistant de Paléontologie au Muséum.
9. **Les Mammifères, I.**
10. **Les Mammifères, II.**
11. **L'Homme.**
12. **Paléontologie générale et philosophique.**

PALÉOBOTANIQUE

*1. **Généralités. Cryptogames cellulaires et vasculaires,** par F. Pelourde, Docteur èss ciences, préparateur au Muséum.
2. **Phanérogames gymnospermes,** par F. Pelourde.
3. **Phanérogames angiospermes. Conclusions,** par F. Pelourde.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

du Dr **TOULOUSE**, Directeur de Laboratoire à l'École des Hautes Études.
Secrétaire général : **H. PIÉRON.**

BIBLIOTHÈQUE DE PALÉONTOLOGIE

Directeur : **Marcellin BOULE**
Professeur au Muséum national d'Histoire naturelle.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE

(CRYPTOGAMES CELLULAIRES ET VASCULAIRES)

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE

CRYPTOGAMES CELLULAIRES ET CRYPTOGAMES VASCULAIRES

PAR

FERNAND PELOURDE

Docteur ès sciences

Préparateur au Muséum national d'Histoire naturelle

PRÉFACE DE M. R. ZEILLER

Membre de l'Institut

Avec 80 figures dans le texte

PARIS

OCTAVE DOIN ET FILS, ÉDITEURS

8, PLACE DE L'ODÉON, 8

1914

a*

A Monsieur R. ZEILLER,

Membre de l'Institut,

Inspecteur général des Mines,

en profonde gratitude.

PRÉFACE

Il y a relativement peu d'années, la Paléontologie végétale eût à peine osé réclamer sa place dans une Encyclopédie scientifique : elle n'apparaissait que comme une branche modeste de la Paléontologie générale, et, à part quelques spécialistes, la plupart des biologistes la traitaient un peu dédaigneusement. Les gisements de végétaux fossiles, bien moins répandus que ceux de fossiles animaux, ne fournissent guère que des débris de plantes singulièrement fragmentaires, et la difficulté semblait si grande de raccorder entre eux les différents membres, toujours dissociés et incomplets, d'un même type végétal, qu'on pouvait hésiter à accorder grand crédit aux reconstitutions et aux conclusions fondées sur des éléments d'observation aussi imparfaits.

Peu à peu cependant les matériaux se sont accumulés, se complétant et se contrôlant mutuellement, et grâce aux efforts redoublés des chercheurs, à des investigations de plus en plus attentives et approfondies, les incertitudes se sont dissipées, si bien qu'une bonne partie des plantes qui ont autrefois peuplé la surface du globe, même aux époques les plus anciennes, nous sont au-

jourd'hui presque aussi bien connues que les formes actuellement vivantes, accessibles à volonté à nos observations. Nos connaissances, bien entendu, comme en toute science, n'ont pas progressé d'un pas uniforme ; après des périodes de stationnement plus ou moins prolongées, on a brusquement fait des conquêtes inespérées, une série de travaux dirigés dans un même sens, à la poursuite d'un même problème, aboutissant simultanément à des résultats, parfois quelque peu inattendus.

A ce point de vue, les premières années du xxe siècle ont été remarquablement fécondes et ont apporté des modifications profondes, sur des points d'une haute importance, à certaines des idées jusqu'alors admises. Sans doute, les études faites au cours du siècle précédent par les nombreux savants qui s'étaient occupés des végétaux fossiles avaient révélé l'existence de types sensiblement différents de ceux d'aujourd'hui, mais qui trouvaient cependant sans difficulté leur place à côté de ces derniers, sans grande modification des cadres établis pour la classification des végétaux vivants, conformément à ce qui a lieu pour le règne animal, lorsqu'on en étudie comparativement les représentants éteints et les représentants actuels. Tout à coup des découvertes nouvelles, couronnant des recherches dont les résultats étaient jusque-là demeurés incertains, sont venues montrer la nécessité de créer de nouveaux cadres, certains types anciens ayant offert des associations de caractères auxquelles on ne pouvait s'attendre et qui ne per-

mettaient plus de les maintenir dans les cadres où il avait semblé d'abord naturel de les ranger. C'est ainsi qu'une bonne partie, pour ne pas dire la plus importante, des « Fougères » du terrain houiller, dont quelques-unes avaient paru presque assimilables à des genres de Fougères actuels, se sont révélées comme ayant porté des graines, d'organisation très complexe, plus ou moins comparables à celles des Cycadinées, comme étant, par conséquent, non pas de véritables Fougères, des Cryptogames vasculaires, mais des Gymnospermes, et qu'il a fallu constituer pour elles, dans cet embranchement des Gymnospermes, une classe toute spéciale, dite des Ptéridospermées. D'autres découvertes, d'importance à peine moindre, ont porté sur les végétaux secondaires que leurs frondes avaient fait classer parmi les Cycadinées, et ont obligé, par la constatation d'une structure toute différente de leurs appareils fructificateurs, à élargir singulièrement les cadres dans lesquels on les avait enfermés.

Des groupes qui semblaient séparés par des abîmes infranchissables se trouvent ainsi reliés par des jalons intermédiaires dont on n'aurait pu soupçonner l'existence, et qui, s'ils n'établissent pas entre eux un lien continu, apparaissent du moins comme une série d'étapes entre les uns et les autres, et suggèrent à l'esprit l'idée d'une chaîne dont les autres anneaux échapperaient encore à l'observation, mais se révéleront peut-être un jour à nos recherches.

La connaissance de ces types éteints jette sur les re-

lations mutuelles des types vivants une lumière inattendue, et quelque conjecturale que demeure encore l'interprétation, il y a là des données nouvelles dont l'importance ne saurait être méconnue, et que ceux qui veulent étudier le monde végétal actuel ont le devoir de connaître.

M. F. Pelourde, dont la compétence s'est affirmée par ses recherches sur les Fougères vivantes et fossiles, s'est attaché dans les pages qui vont suivre à présenter, sous une forme condensée, un tableau aussi exact et aussi complet que possible de l'état actuel de nos connaissances paléobotaniques. Il a tenu naturellement à développer surtout les données essentielles, les faits les plus importants, mettant de préférence en lumière les observations de nature à compléter les connaissances tirées de l'étude des végétaux vivants, indiquant les ressemblances et les différences que présentent par rapport à ces derniers les types éteints qu'il passe en revue, insistant surtout sur ceux qui diffèrent le plus des types actuels, et glissant plus rapidement sur les groupes dont les représentants fossiles, comme c'est le cas pour la plupart des Cryptogames cellulaires, ne nous ont rien appris de bien nouveau.

La Paléontologie végétale ne compte en France qu'un nombre d'adeptes fort restreint, tandis qu'à l'étranger, en Allemagne, en Amérique, en Angleterre surtout, de nouveaux chercheurs apparaissent chaque année, apportant leur pierre à l'édifice, et multipliant les découvertes. Le champ est assez vaste pour occuper tous les ouvriers

de bonne volonté, et l'œuvre à accomplir est des plus variées : outre l'étude des végétaux fossiles pour eux-mêmes et au point de vue strictement botanique, la Paléobotanique offre des branches diverses où il y a encore bien à faire, au point de vue géologique, par exemple, depuis les applications relatives à la différenciation et à la reconnaissance des divers faisceaux de couches de combustibles minéraux, jusqu'aux recherches de géographie botanique touchant la distribution des formes végétales à la surface du globe à une époque donnée et les enseignements qu'on en peut tirer au point de vue de l'histoire de la climatologie. Puisse la publication de l'ouvrage de M. Pelourde éveiller de nouvelles vocations !

R. Zeiller

AVANT-PROPOS

Il y a moins d'un siècle que l'étude des végétaux fossiles, désignée sous le nom de *paléontologie végétale* ou de *paléobotanique*, a commencé à être poursuivie d'une manière rationnelle, par Schlotheim [1], Sternberg [2], et surtout par Ad. Brongniart [3]. Depuis une vingtaine d'années, elle a progressé d'une manière inespérée, grâce aux importantes découvertes faites en diverses régions par un grand nombre de savants dont la liste serait trop longue à donner ici.

Sans insister autrement sur les questions d'ordre historique, nous allons rappeler brièvement quels sont les divers modes de conservation des plantes enfouies dans les couches du globe.

Ces dernières ont souvent été transportées plus ou moins loin du lieu où elles vivaient [4].

1. *Die Petrefactenkunde auf ihrem jetzigen Standpunkte*, Gotha, 1820.

2. *Versuch einer geognostich-botanischen Darstellung der Flora der Vorwelt*, Leipzig, 1820-1838.

3. *Sur la classification et la distribution des végétaux fossiles*, 1822 ; — *Prodrome d'une histoire des végétaux fossiles*, 1828 ; etc.

4. Grand'Eury, *Mémoire sur la formation de la houille*, Ann. des Mines, 8e série, I, 1882 ; — Fayol, *Etudes sur le terrain houiller de Commentry. Lithologie et stratigraphie*, Bull. Soc. industrie minérale, 2e série, 15, 1887.

On connaît quelques exemples de végétaux fossiles terrestres qui, après avoir flotté un certain temps, se sont trouvés entraînés dans la mer et déposés sur le fond de cette dernière. Il en a été ainsi notamment pour un reste de Conifère du British Museum, provenant du lias inférieur de Lyme Regis, sur la côte méridionale de la Grande-Bretagne, et auquel adhère une *Ammonite* (*Aegoceras planicosta* Sow.) [1].

Mais, généralement, leur dépôt s'est effectué au fond de lacs, après un transport plus ou moins prolongé.

D'autres fois, on en a rencontré manifestement en place [2], par exemple au sud de la Grande-Bretagne, sur la côte de Dorset, aux environs de Portland. A l'est de Lulworth Cove, on observe en effet à la surface d'une couche de calcaire purbeckien (portlandien supérieur) un grand nombre de protubérances mesurant plusieurs pieds de diamètre, et dont la plupart renferment à leur intérieur un fragment de tige de Conifère silicifié. Immédiatement au-dessous de la couche en question, on rencontre une bande assez étroite (*dirt-bed*) formée de fragments de roches partiellement arrondis ou subanguleux, et aussi de substances charbonneuses. Cette bande semble représenter la surface d'un ancien sol de

1. Seward, *Fossil plants*, t. I, p. 60-61, et fig. 7.

2. Voir notamment à ce sujet : A. Renier, *Observations paléontologiques sur le mode de formation du terrain houiller belge*, Ann. Soc. géol. Belgique, t. XXXII, 1906, p. 282, et fig. 9, 10, 12, 13 ; — Arber, *The natural history of coal*, 1 vol., Cambridge, 1911 ; — F. Pelourde, *Revue de Paléontologie végétale*, Rev. gén. sciences pures et appliquées, 15 février 1913.

végétation. Le calcaire qui la recouvre a dû se déposer progressivement autour des tiges, à mesure que celles-ci s'enfonçaient dans la vase. Chose remarquable, bien que ces diverses strates soient inclinées à 45° par rapport à l'horizontale, l'axe des tiges en question leur est nettement perpendiculaire [1].

De même, dans le parc Victoria, à Glasgow, on observe un certain nombre d'arbres fossiles (*Lepidodendron*...) *in situ*, enracinés dans une couche schisteuse datant du carbonifère inférieur. Auprès de l'un de ces arbres, et à une certaine distance de sa base, la surface de la roche montre des « ripple-marks » causés jadis par le clapotement des flots sur le fond du marécage dans lequel vivait ce végétal [2].

Dans la plupart des cas, les végétaux fossiles se trouvent étalés dans un plan dirigé suivant le sens de la stratification des terrains qui les contiennent. Comme ils adhèrent d'une manière moins intime aux roches encaissantes que ne le font entre eux les éléments mêmes de ces roches, on peut souvent les mettre à nu sans trop les endommager.

Leur substance est généralement transformée en charbon, ce qui n'empêche pas que bien des détails de leur organisation puissent être conservés avec beaucoup

1. Woodward, *The jurassic rocks of Britain*, Mem. geol. surv., vol. V, 1895.

2. Voir Young, Glen et Kidston, *Notes on a section of carboniferous strata containing erect stems of fossil trees... in Victoria Park, Whiteinch*, Trans. geol. Soc. Glasgow, vol. VIII, 1888, p. 227 ; — Seward, *Fossil plants*, vol. I, frontispice.

de fidélité si les sédiments qui les ont emprisonnés ont un grain assez fin. Les réseaux épidermiques, les parois des sporanges, et même les spores, sont ainsi susceptibles d'être étudiés avec beaucoup de précision.

C'est grâce à l'abondance des végétaux transformés en charbon et à l'absence de sédiments minéraux intercalaires que se sont constitués, sous l'action des Bactéries, et parfois aussi, du métamorphisme, divers combustibles (houilles, lignites, tourbes...).

D'autres fois, la substance des plantes fossiles a disparu sans laisser de trace. Elle peut alors avoir été remplacée par une matière minérale (pyrite de fer ou de cuivre, oxyde de fer...), qui constitue le *moule interne* des plantes considérées.

Ou bien aucune autre substance ne s'est substituée à elle, et l'emplacement de chaque fragment de végétal est remplacé par un vide de même forme que lui. Le contour de ce vide constitue un *moule externe*. Ce cas se présente principalement dans les dépôts calcaires ou siliceux abandonnés en plein air par les sources incrustantes, ou bien dans les masses de cendres volcaniques connues sous le nom de *cinérites* (Cantal...).

Lorsque la roche en question est calcaire, si l'on coule dans les moules externes de plantes qu'elle contient du plâtre ou de la cire, et si on la dissout ensuite au moyen d'acide chlorhydrique étendu, on peut obtenir de véritables moulages qui reproduisent l'aspect extérieur des plantes considérées.

B. Renault et Munier-Chalmas sont arrivés par cette

méthode à des résultats extrêmement intéressants avec les tufs de Sézanne.

Quelquefois, les débris végétaux, après avoir marqué leur empreinte sur un fond vaseux, ont disparu par suite d'un entraînement mécanique ou d'une décomposition chimique, avant d'avoir été recouverts par des sédiments. Lorsque ensuite ces derniers se sont déposés, ils ont rempli les creux laissés par les plantes disparues ; aussi, remarque-t-on sur leur surface inférieure des contre-moulages plus ou moins proéminents qui correspondent à ces creux et que l'on appelle des empreintes en « demi-relief ». Ce mode de fossilisation a surtout été réalisé dans le cas des pistes d'animaux (*Bilobites*...) tracées sur des fonds de mers ou de lacs et confondues couramment avec des empreintes de plantes.

D'autres fragments de végétaux, souvent très délicats, ont été conservés d'une manière bien plus perfectionnée, en devenant inclus dans l'ambre (résine fossile). Vers l'époque éocène, la région dont fait partie la côte nord-est de l'Allemagne était occupée par une forêt de pins. C'est la résine de ces arbres qui, en coulant à leur surface, ainsi que sur le sol, grâce aux cicatrices laissées par les branches qui se détachaient et également aux blessures qui ne manquaient pas de se produire, a empâté des fleurs, des feuilles et autres organes, amenés par le vent ou tombés sur place [1]. On en a

1. Voir notamment à ce sujet : Göppert et Berendt, *Der Bernstein und die in ihm befindlichen Pflanzenreste der Vorwelt*, Berlin, 1845 ; — Conwentz,

trouvé des fragments dans les terrains oligocènes de l'Allemagne du Nord, de la Pologne, des provinces baltiques russes, de la Finlande, de la Suède et de quelques autres régions.

Dans certains cas, la structure anatomique des plantes fossiles s'est conservée elle-même avec beaucoup de précision, grâce à l'action d'eaux chargées de silice ou de carbonate de chaux, ou bien encore de carbonate de fer ou de phosphate de chaux. Ces eaux, pénétrant par capillarité à l'intérieur des plantes, y ont déposé les substances qu'elles contenaient en dissolution. Ces dernières ont rempli les cavités cellulaires et, généralement aussi, incrusté les membranes, qui, par suite de la coloration qu'elles ont communiquée aux substances pétrifiantes, apparaissent nettement sur les coupes microscopiques.

C'est surtout dans les terrains paléozoïques que l'on observe des échantillons conservés de cette manière. Ainsi, dans les nodules siliceux des environs d'Autun et de Saint-Etienne, il existe de nombreux débris de plantes de l'époque anthracolithique.

De même, dans les « coal-measures » d'Angleterre (Yorkshire et Lancashire), dans deux veines de houille (*Gannister coal* et *Upper foot coal*), séparées par des sédiments minéraux, on connaît, sous le nom de *coal-balls*, une quantité innombrable de nodules

Monographie der baltischen Bernsteinbäume, Danzig, 1890, et *On english amber and amber generally*, Nat. Science, vol. IX, 1896, p. 99 ; etc.

dolomitiques qui contiennent des restes de plantes admirablement conservés. On en connaît aussi, sous le nom de *bullions*, dans le toit de l'*Upper foot coal*, en compagnie d'animaux marins, et notamment de *Goniatites*. Les végétaux des *bullions* ont donc été charriés, alors que ceux des *coal-balls* semblent avoir été fossilisés sur place [1].

On a cependant rencontré des tiges silicifiées dans des terrains d'âges très divers, notamment en Saxe, en Egypte, au Brésil, en Tasmanie, etc. Darwin en a signalé un grand nombre dans le nord du Chili, et en particulier dans la région centrale de la Cordillère des Andes, à plus de 2.300 mètres d'altitude. D'après lui, ces dernières auraient poussé jadis dans un sol d'origine volcanique, puis se seraient trouvées à un certain moment submergées par la mer, et enfin recouvertes par des terrains sédimentaires et des épanchements de laves [2].

Dans le parc de Yellowstone, aux Etats-Unis, des troncs pétrifiés, d'âge tertiaire, abondent au point de simuler une véritable forêt. Sur le flanc nord du mont Amethyst, ils apparaissent comme les colonnes d'un temple en ruines [3].

D'après ce qui précède, il est évident que la paléontologie végétale, comme toutes les sciences géologiques,

1. Cf Stopes et Watson, *On the present distribution and origin of the calcareous concretions in coal seams, known as « coal-balls »*, Phil. Trans. Roy. Soc. London, vol. CC, 1908, p. 181, 182, et pl. 19, fig. 11 : B, B'.

2. Darwin, *A naturalist' s voyage*, Londres, 1890, p. 317.

3. Holmes, *Fossil forests of the volcanic tertiary formations of the Yellowstone national Park*, Bull. U. S. Geol. Surv., vol. V, 1880, p. 126, fig. 1.

ne peut s'appuyer que sur une documentation fort incomplète. Néanmoins, grâce à de nombreuses découvertes, grandement facilitées par les exploitations des mines, et à des comparaisons minutieuses entre les formes éteintes et les formes actuelles, elle a accompli au cours de ces dernières années des progrès décisifs, principalement en ce qui concerne la période paléozoïque, dont la flore présente un intérêt tout à fait particulier, en raison de son extrême originalité.

Avant de passer à l'étude des *Cryptogames cellulaires* et des *Cryptogames vasculaires*, qui constitue la matière du présent travail, nous allons indiquer brièvement, dans deux tableaux successifs, les grandes lignes de la classification botanique et de la classification stratigraphique.

Principales subdivisions du règne végétal.

- *Thallophytes.*
  - *Algues.*
  - *Champignons.*
  - *Lichens.*
- *Bryophytes.*
  - *Hépatiques.*
  - *Mousses.*
- *Ptéridophytes* (Cryptogames vasculaires).
  - *Filicales.*
    - *Filicales leptosporangiées.*
    - *Marattiales.*
    - *Ophioglossales.*
  - *Sphénophyllales* (groupe complètement disparu).
  - *Equisétales.*
  - *Lycopodiales.*
    - *Lycopodiacées.*
    - *Psilotacées.*
    - *Sélaginellacées.*
    - *Isoétacées*, plus de nombreuses formes fossiles.
- *Spermophytes* (Plantes à graines).
  - *Gymnospermes.*
  - *Angiospermes.*

Principaux termes de la classification des terrains.

Terrain Archéen (azoïque).

Système Précambrien.

Groupe		Système	Étage	
Groupe Primaire (Paléozoïque).		Système Silurien.	*Cambrien.*	
			Ordovicien.	
			Gothlandien.	
		Système Dévonien.	*Gédinnien.*	D. inférieur.
			Coblentzien.	
			Eifélien.	D. moyen.
			Givétien	
			Frasnien.	D. supérieur.
			Famennien.	
	Anthracolithique de Waagen	Système Carboniférien	*Dinantien* (facies marin ; — facies continental ou côtier : *Culm*).	
			Westphalien.	Ancien terrain houiller (*Coal-measures* des auteurs anglais).
			Stéphanien.	
		Système Permien. (*Dyas* de J. Marcou).	*Autunien.*	*Rothliegende* de Werner.
			Saxonien.	
			Thuringien (*Zechstein* de Werner).	
Groupe secondaire (Mésozoïque).		Système Triasique.	*Grès bigarré.*	
			Muschelkalk.	
			Keuper.	
		Système Jurassique.	Série Liasique.	Infra-lias: *Rhétien.*, *Hettangien.*
				Sinémurien (Lias inférieur).
				Charmouthien (Lias moyen).
				Toarcien (Lias supérieur).
			Série Oolithique.	*Bajocien.*
				Bathonien.
				Callovien.
				Oxfordien.
				Rauracien.
				Kimeridgien.
				Portlandien.

Groupe secondaire (Mésozoïque) (*suite*).	Système Crétacé.	Série Infracrétacée.	*Néocomien*	*Valenginien.*
				Hauterivien.
				Barrêmien.
				Urgonien.
				Aptien.
			Albien.	
		Série Supracrétacée.	*Cénomanien.*	
			Turonien.	
			Sénonien.	
			Danien.	
Groupe Tertiaire (Néozoïque).	Système Eogène.	Série Eocène.	*Thanétien.*	
			Sparnacien.	
			Yprésien.	
			Lutétien.	
			Bartonien.	
			Ludien.	
		Série Oligocène.	*Tongrien.*	
			Aquitanien.	
	Système Néogène.	Série Miocène.	*Burdigalien.*	
			Helvétien.	
			Tortonien.	
			Sarmatien.	
			Pontien.	
		Série Pliocène.	*Plaisancien.*	
			Astien.	
			Sicilien.	
Ere quaternaire (Pleistocène).	*Paléolithique.*			
	Néolithique.			
	Age du cuivre, du bronze et du fer.			

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE

CRYPTOGAMES CELLULAIRES ET CRYPTOGAMES VASCULAIRES

CRYPTOGAMES CELLULAIRES

Bactériacées.

Nous allons considérer en premier lieu, parmi les *Cryptogames cellulaires* qui, d'une manière générale, ne présentent qu'un intérêt secondaire au point de vue phylogénétique, le groupe très aberrant des *Bactériacées.* Les représentants de ce groupe ont été rangés tantôt parmi les *Champignons,* tantôt parmi les *Algues ;* mais il semble bien que l'on doive les rapprocher de la série des Algues bleues (*Cyanophycées*).

Quoi qu'il en soit, leur présence aux époques géologiques les plus reculées n'a rien de surprenant *a priori,* en raison de leur organisation très simple et aussi de la facilité avec laquelle ils sont susceptibles de s'adapter aux conditions de vie les plus diverses. Certains d'entre eux, notamment, grâce auxquels s'effectuent dans le sol divers phénomènes chimiques nécessaires à la nutrition des plantes, ont dû exister en même temps que

les plus anciennes de ces dernières [1]. En outre, dans la décomposition des végétaux fossiles, comme dans celle des végétaux actuels, les *bactéries* ont joué un rôle très important.

B. Renault en a observé une grande quantité sur des fragments de cuticules de *Bothrodendron* (*Lycopodiales* paléozoïques) provenant de Toula, en Russie, après avoir débarrassé ces fragments de l'acide ulmique qui les réunissait, à l'aide de l'ammoniaque. Ce sont évidemment ces derniers organismes, auxquels il a donné le nom de *Micrococcus Zeilleri*, qui ont détruit les tissus des *Bothrodendron* en question, respectant seulement les cuticules de leur épiderme [2].

Un grand nombre de *bactéries* appartenant aux genres *Bacillus* (*B. Permicus* B. Renault et C.-Eg. Bertrand, *B. Tieghemi* B. Renault, *B. amylobacter* [3]...) et *Micrococcus* (*M. Guignardi* B. Renault...) ont été rencontrées, principalement par B. Renault, dans toutes sortes de débris fossiles (ossements, coprolithes, écailles de poissons, charbons, fragments de végétaux silicifiés) provenant des couches dévoniennes, carbonifériennes, permiennes et jurassiques, et notamment dans les tissus végétaux transformés en houille [4].

1. Cf. James, *Notes on fossil fungi*, U. S. Dpt. Agriculture, vol. VII, n° 3, 1893, p. 268 ; trad. Ferry, in *Revue mycologique*, 1893.

2. B. Renault, *Note sur les cuticules de Tovarkovo*, Bull. Soc. hist. nat. Autun, 1895 ; — *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, p. 478 ; — *Notice sur ses travaux scientifiques*, 1er fascicule, p. 106-112.

3. Van Tieghem, *Sur le ferment butyrique* (Bacillus amylobacter) *à l'époque de la houille*, Comptes rendus Acad. sc., t. LXXXIX, 1879, p. 1102.

4. Voir principalement à ce sujet l'important travail de B. Renault :

Or, on sait que la cellulose des plantes enfouies au fond des marécages actuels se décompose sous l'action des bactéries en dégageant de l'anhydride carbonique et du gaz des marais.

Il est infiniment probable, d'après les observations de B. Renault, que la formation de la houille a débuté grâce à un processus analogue ; après quoi des phénomènes d'ordre métamorphique, déterminés par les grands mouvements terrestres de la fin des temps primaires, auraient parachevé cette action et rendu la masse charbonneuse compacte et dense [1].

Dans cette dernière, la structure des plantes constitutives est généralement méconnaissable ; on distingue seulement çà et là des éléments isolés. Quelquefois pourtant, les tissus ligneux ont gardé leurs dimensions et leur aspect primitifs assez fidèlement pour qu'on puisse les étudier au microscope, en coupes minces [2].

Après avoir accompli leur rôle destructeur, les bactéries de la houille se groupaient fréquemment en zooglées, susceptibles de devenir des centres de concrétions oolithiques ou sphérolithiques, formées par une substance siliceuse ou calcaire [3].

Leur action pouvait se trouver interrompue par une pétrification tardive des végétaux aux dépens desquels elles vivaient, ou bien, dans les cas de macération

Sur quelques microorganismes des combustibles fossiles, Bull. Soc. industrie minérale, 3e série, t. XIII, 1899, et XIV, 1900, 450 p. et 21 pl.

1. Voir notamment à ce sujet : E. A. Newell Arber, *The natural history of Coal*, 1 vol., Cambridge, 1911.

2. Cf. notamment : B. Renault, *Flore fossile du terrain houiller de Commentry*, 2e partie, Bull. Soc. Industrie minérale, 3e série, t. IV, 2e livraison, 1890, pl. 74 et 75.

3. B. Renault, *Rev. gén. sc. pures et appliquées*, 15 octobre 1896.

incomplète, par l'accumulation de gaz formés grâce à leur intervention : tel le gaz des marais qui, par son abondance en certains points, constitue le grisou [1].

Algues.

Le groupe des Algues véritables se trouve représenté assez abondamment à l'état fossile. Mais un certain nombre d'empreintes, généralement en demi-relief, observées dans les couches sédimentaires les plus anciennes et présentant la forme de cordons ou de rubans plus ou moins allongés, ont été rapportées à tort à ce groupe. On sait en effet, principalement d'après les recherches de M. Nathorst, que beaucoup d'entre ces dernières constituent en réalité les moulages de pistes d'animaux ou bien de rides provoquées, soit par le clapotement des vagues, soit par le frottement de roches sur des fonds vaseux ou sableux. Ainsi, les *Bilobites* ou *Cruziana*, des terrains siluriens et carbonifères, semblent représenter des pistes de *Crustacés*. De même, les pistes ramifiées laissées par l'Annélide polychète connu sous le nom de *Goniada maculata* Œrstd., simulent les empreintes d'un grand nombre d'Algues [2].

D'autres formes, au contraire, telles que le *Spheno-*

1. Cf. de Lapparent, *Revue des questions scientifiques*, juillet 1892.

2. Voir notamment au sujet de ces fausses algues : Nathorst, *Om spar af nagra evertebrerade djur m.m. och deras paleontologiska betydelse*, K. Svensk. Vet. Akad. Hand., vol. XVIII, nº 7, 1881, p. 14 ; trad. française par Schulthess : *Mémoire sur quelques traces d'animaux sans vertèbres... et de leur portée paléontologique ; — Om Aftryck af Medusar i Sveriges Kambriska layer*, ibid., vol. XIX, nº 1, 1881 ; — *Nouvelles observations sur des traces d'animaux et autres phénomènes d'origine purement mécanique décrits comme « algues fossiles »*, ibid., vol. XXI, nº 14, 1886.

Dawson, *The geological history of plants*, Londres, 1888 ; — *On bur-*

thallus angustifolius Hall, semblent bien devoir être considérées comme des restes d'Algues véritables [1]. Certaines d'entre ces dernières ne peuvent être déterminées d'une manière précise en raison de leur mauvais état de conservation ; aussi vaut-il mieux les désigner sous le nom général d'*Algites* qui ne préjuge rien au point de vue de leurs affinités particulières.

Tels sont les thalles de l'époque paléozoïque connus sous les noms génériques d'*Haliserites* et *Bythotrephis*, et dont les ramifications dichotomes forment des lanières aplaties. L'examen microscopique de ces thalles a révélé à leur intérieur la présence de cellules tubuleuses assez bien conservées.

D'autres fossiles, désignés sous le nom de *Chondrites*, et recueillis notamment dans le Flysch de la Suisse, sont constitués par des filaments cylindriques ramifiés,

rows and tracks of invertebrate animals in palæozoic rocks, Quart. Journ. geol. Soc., vol. XLVI, 1890, p. 595.

Delgado, *Etude sur les Bilobites*, Secc. trav. geol. Portugal. Lisbonne, 1886.

Williamson, *On some undescribed tracks of invertebrate animals from the Yoredale rocks*, Proc. lit. and phil. Soc. Manchester, vol. X, 1885, p. 19.

Hughes, *On some tracks of terrestrial and freshwater animals*, Quart. Journ. geol. Soc., vol. XL, 1884, p. 178.

Zeiller, *Sur des traces d'insectes simulant des empreintes végétales*, Bull. Soc géol. France, vol. XII, 1884, p. 676.

De Saporta, *A propos des Algues fossiles*, Paris, 1882 ; — *Les organismes problématiques des anciennes mers*, Paris, 1884 ; — *Nouveaux documents relatifs à des fossiles végétaux et à des traces d'Invertébrés associés dans les anciens terrains*, Bull. Soc. bot. France, vol. XIV, 1886, p. 407.

Fuchs, *Studien über Fucoiden und Hieroglyphen*, Denksch. Akad. Wien, vol. LXII, 1895, p. 369.

Rothpletz, *Ueber die Flysch-Fucoiden und einige andere fossile Algen sowie über liassische Diatomeen führende Hornschwämme*, Zeit. deutsch. geol. Ges., vol. XLVIII, 1896, p. 854.

1. Nathorst, *op. cit.* in Seward, *Fossil plants*, vol. I, p. 148.

à l'intérieur desquels on observe des tubes également ramifiés, pourvus çà et là de cloisons transversales et transformés en charbon. Leur structure, imparfaitement conservée, rappelle tantôt celle des *Floridées*, tantôt celle des *Fucacées* ou des *Laminariées* [1].

Nematophycus. — Dans les terrains siluriens et dévoniens, principalement au Canada et dans la Grande-Bretagne, on connaît sous le nom de *Nematophycus* Carruthers (*Nematophyton* Dawson) [2] des restes d'Algues à structure conservée, dont la position systématique est assez indécise. Certains auteurs les rangent parmi les *Phéophycées ;* elles ont même été rapprochées des *Laminaria* et des *Macrocystis*, d'après leur structure.

Elles sont en tout cas représentées par des fragments d'axes qui peuvent mesurer jusqu'à un mètre de diamètre.

Ceux du *N. Logani*, par exemple, se montrent constitués par de grandes cellules tubuleuses distribuées sur les coupes transversales suivant une série d'anneaux concentriques très nets, qui correspondent aux périodes de croissance successives.

Les plus grosses de ces cellules sont ordonnées assez régulièrement dans le sens longitudinal, parallèlement à l'axe de symétrie des organes dont elles font partie. Quant aux plus petites qui, de distance en distance, montrent des cloisons transversales, elles se ramifient

1. Rothpletz, *loc. cit*

2. Voir notamment, au sujet des *Nematophycus :* Carruthers, *On the history, histological structure and affinities of* Nem. Logani *Carr.* (Prototaxites Logani *Dawson*), *an Alga of devonian age*, Monthly microsc. Journal, 8, 1872, p. 160 ; — Penhallow, *Notes on devonian plants*, Proc. and Trans. roy. Soc. Canada, 7, sect. IV, 1890, p. 19 ; — Barber, *Nematophycus Storriei*, nov. sp., Ann. of Bot., t. VI, 1892, p. 329.

dans toutes les directions et se répandent parmi les gros éléments.

Chez le *N. Storriei*, on ne constate plus une distinction aussi nette entre les deux catégories de tubes.

Chez le *N. Ortoni*, les sections transversales ne montrent plus de zones concentriques, et tous les éléments ont la même taille.

Le tableau suivant, reproduit d'après Penhallow et Seward[1], indique brièvement la répartition géographique et géologique des diverses espèces de *Nematophycus* :

N. Logani Dawson, sp. :	Dévonien inférieur de Gaspé (Canada : Nouveau-Brunswick) ; Silurien (Wenlock) d'Angleterre ; Silurien du Nouveau-Brunswick.
N. Hicksi Eth., sp. :	Silurien (Wenlock) du Pays de Galles.
N. crassus Dawson, sp. : (*N. Logani*, d'après Carruthers)	Dévonien moyen de Gaspé et de New-York.
N. laxus Dawson, sp. : *N. tenuis* Dawson, sp. :	Dévonien inférieur de Gaspé.
N. Storriei Barb., sp. :	Silurien (Wenlock) du pays de Galles (Cardiff).
N. dechenianus Pied., sp. :	Dévonien supérieur d'Allemagne.
N. Ortoni Pen., sp. :	Erien supérieur de l'Ohio.

Pachytheca. — Dans le silurien supérieur et le dévonien de la Grande-Bretagne et du Canada, on a encore observé de petits thalles sphériques, connus sous le nom de *Pachytheca* Hooker et constitués par deux régions distinctes. A leur intérieur, ces thalles montrent

1. *Fossil plants*, vol. I, p. 201.

des cellules tubuleuses ramifiées et disposées sans ordre apparent. Quant à leurs éléments périphériques, ils sont au contraire disposés d'une manière régulière dans le sens radial [1].

Boghead. — Depuis le culm jusqu'au permien, on connaît dans plusieurs pays, notamment en Amérique, en Ecosse, en Russie et en France, dans la région d'Autun, des formations géologiques assez importantes, désignées sous le nom de boghead, et constituées en majeure partie par l'accumulation d'Algues gélatineuses microscopiques qui ont vécu jadis dans les lacs de ces diverses contrées.

Certaines des Algues en question, connues sous le nom de *Reinschia australis* Bertrand et Renault et provenant du « Kerosene shale », ou boghead d'Australie, étaient formées par des thalles mesurant environ 300 μ de longueur sur 150 de largeur. Chacun de ces thalles (fig. 1) possédait, autour d'une cavité centrale, une assise unique de cellules qui s'invaginait de distance en distance chez les plus gros individus, de manière à leur donner un aspect cérébriforme.

Renault et Bertrand ont reconnu dans les bogheads d'Europe, principalement dans ceux du permien d'Autun, un autre genre d'Algues, auquel ils ont donné le nom de *Pila* (*P. scotica, P. bibractensis*). Les thalles des *Pila* étaient formés par des massifs de six à sept cents cellules, et mesuraient environ 0 mm. 225 de longueur sur 0 mm. 136 à 0 mm. 160 de largeur. Leurs élé-

1. Barber, *The structure of Pachytheca*, Ann. of Bot., vol. III, 1889, p. 141 ; vol. V, 1890, p. 145 ; — H. Graf zu Solms-Laubach, *Ueber devonische Pflanzenreste aus den Lenneschiefern der Gegend von Gräfrath am Niederrhein*, Jahrb. K. preuss. geol. Landesanst., 1895, p. 67.

ments périphériques se trouvaient ordonnés d'une manière rayonnante, alors que leurs cellules internes étaient disposées assez irrégulièrement. La position systématique des *Pila*, comme celle des *Reinschia*, est indé-



Fig. 1. — A gauche : deux thalles de *Pila bibractensis* Bertrand et Renault vus en dessus et provenant du Boghead de l'Autunois. — A droite : coupe horizontale de deux jeunes thalles de *Reinschia australis* Bertrand et Renault, provenant du « Kerosene shale » de la Nouvelle-Galles du Sud (d'après M. C. Eg. Bertrand).

cise ; M. Bornet, toutefois, leur a attribué une ressemblance générale avec les *Chroococcacées* du genre *Gomphosphæria* [1].

En tout cas, la partie fondamentale des bogheads a été formée par des substances ulmiques, précipitées au fond des lacs de l'époque anthracolithique, et parmi lesquelles se sont accumulées les Algues qui viennent d'être

1. Cf. Bertrand et Renault, *Pila bibractensis et le boghead d'Autun*, Bull. Soc. hist. nat. Autun, 1892, p. 29 ; — Voir encore sur la question des bogheads : Renault, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac* : Etude des gîtes minéraux de la France 1896.

C Eg. Bertrand, *Le Boghead d'Autun*, Bull Soc industrie minérale, 3e série, t. VI, 1892 ; — *Conférence sur les charbons de terre. Les bogheads à Algues*, Bull. Soc. belge géol., paléont , hydrologie, t. VII, mém., 1894.

Bertrand et Renault, *Note sur la formation schis euse et le boghead d'Autun*, Bull. Soc. industrie minérale, 3e série, t VII, 1894, p. 499 ; — Reinschia australis *et premières remarques sur le Kerosene Shale de la Nouvelle-Galles du Sud*, Bull. Soc. hist. nat. Autun, t. VI, 1894, p. 321.

décrites. Ces dernières, par leur abondance, font penser aux « fleurs d'eau » de la nature actuelle : elles aussi devaient, à certaines époques, recouvrir complètement la surface des lacs dans lesquels elles vivaient.

Floridées. — D'autres Algues fossiles ont pu être déterminées d'une manière bien plus précise que les précédentes. Telles sont diverses *Floridées* calcaires de la famille des *Corallinacées*, très abondantes dans certains terrains, où on les trouve souvent mélangées avec des coraux.

Le plus ancien genre rapporté à cette famille est le genre *Solenopora* Dybowski [1], connu principalement dans les couches siluriennes, à partir de l'étage ordovicien, et qui a persisté jusque vers la fin de l'époque jurassique. Les formes rapportées à ce genre montrent sur les coupes verticales des cellules allongées, ordonnées en séries rayonnantes ou parallèles les unes aux autres, et qui, sur les coupes tangentielles, apparaissent avec des parois nettement ondulées.

Le genre *Solenopora* a été suivi dans le temps par le genre *Archæolithothamnium* Rothpletz, qui comprend un assez grand nombre d'espèces rencontrées notamment dans la craie de Maëstricht et, en France, dans le cénomanien de la Sarthe et le sénonien du Var. Ces espèces sont caractérisées par des sporanges situés isolément dans leur tissu fondamental, au lieu d'être groupés dans des conceptacles, comme cela a lieu chez les *Lithothamnium* et les *Lithophyllum*.

Ces deux derniers genres, qui existent encore actuel

1. Voir Brown, *On the structure and affinities of the genus* Solenopora, Geol. Mag., vol. I, 1894.

lement, sont apparus à l'époque éocène ; on les trouve en abondance dans les faluns de l'Anjou, ainsi que dans le « Leithakalk » de Vienne (Autriche).

Chlorophycées. — Les *Chlorophycées* fossiles sont représentées notamment par diverses *Siphonées* très nettes, dont un grand nombre avaient été considérées autrefois comme des animaux appartenant au groupe des *Foraminifères* ou à celui des *Polypiers* [1].

Les Siphonées verticillées (*Dasycladées*) comprennent plus de cinquante genres fossiles, rencontrés dans les terrains primaires (*Vermiporella* Stolley : silurien ; *Sycidium* Sandberger : dévonien...), secondaires (*Diplopora* Schafh., *Gyroporella* Gümbel : trias) et tertiaires (*Dactylopora* Lamarck, *Thyrsoporella* Gümbel, *Polytrypa* Defrance), alors que, dans le monde actuel, elles sont réduites à sept genres seulement. Chacun de leurs thalles, simple ou dichotome, est constitué par une cellule tubuleuse axiale supportant des verticilles de rameaux disposés d'une manière variable suivant les genres que l'on considère. Ces diverses cellules sont souvent incrustées par une quantité notable de calcaire qui, après leur disparition, subsiste sous la forme d'un squelette creusé de canalicules, grâce auxquels Munier-Chalmas a pu obtenir des moulages reproduisant fidèlement l'aspect de la partie vivante, chez plusieurs des Algues en question. Ce dernier est ainsi arrivé à montrer

1. Munier-Chalmas, *Observations sur les Algues calcaires appartenant au groupe des Siphonées verticillées et confondues avec les Foraminifères*, Comptes rendus Acad. sc., 1877, p. 814-817 ; — *Observations sur les Algues calcaires confondues avec les Foraminifères et appartenant au groupe des Siphonées dichotomes*, Bull. Soc. géol. France, 3e série, t. VII, 1879, p. 661-670.

en particulier que le genre *Polytrypa*, de l'époque tertiaire, devait être confondu avec le genre actuel

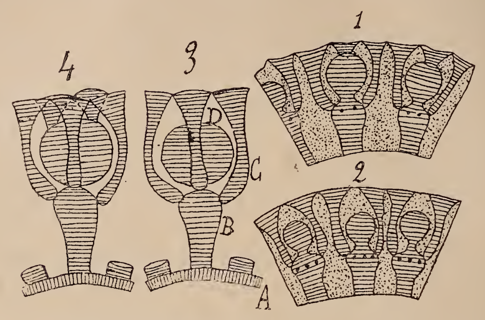


Fig. 2. — *Siphonées* fossiles (*Polytrypa*) et actuelles (*Cymopolia*).

1. Coupe transversale d'une portion du cylindre calcaire du *Cymopolia Rosarium* Lamx, montrant : 1° les canaux qui recevaient les cellules verticillées ; 2° les cavités centrales qui logeaient les sporanges.
2. Coupe transversale du *Polytrypa elongata* Defrance.
3. Cellules verticillées du *Cymopolia Rosarium*, isolées du cylindre calcaire par un acide. — A, paroi de la cellule centrale ; B, premier rang de cellules verticillées ; C, cellules terminales en ombelles, au centre desquelles se montre un sporange axile D.
4. Cellules du *Polytrypa elongata*, obtenues par moulage (d'après Munier-Chalmas).

Cymopolia, qui possède une structure identique à la sienne (voir fig. 2).

Les *Dasycladées* ont contribué pour une large part à constituer d'importantes couches de calcaires, à diverses périodes géologiques. Signalons comme exemple les calcaires ordoviciens des environs de la Baltique, dans lesquels M. Stolley a reconnu un assez grand nombre de genres [1]. L'un de ceux-ci, désigné sous le nom de

1. Stolley, *Ueber silurische Siphoneen*, Neues Jahrb., für Min., 1893, II, p. 135 ; — *Ueber gesteinsbildende Algen und die Mitwirkung solcher bei der*

Palæoporella Stolley, semble très proche du genre actuel *Bornetella* ; il en est de même des genres *Cœlosphæridium* Eichwald, *Cyclocrinus* Eichwald, *Mastopora* Eichwald, dont les représentants, plus ou moins globuleux, avaient été considérés autrefois comme des *Polypiers*.

Un autre genre très curieux de *Dasycladées* est le genre *Acicularia* d'Archiac, découvert d'abord à l'état fossile, et qui se trouve représenté encore actuellement, par une espèce unique (*A. Schenckii* Solms, sp.), connue principalement à la Martinique, à la Guadeloupe et au Brésil.

Les *Acicularia* fossiles, rencontrés dans les terrains tertiaires des environs de Paris, rappellent tout à fait les *Acetabularia*, par leur aspect général ; mais ils en diffèrent par ce fait que les divers compartiments de leur disque terminal, au lieu de contenir uniquement des spores, sont occupés par autant de spicules calcaires, subdivisées en de nombreuses cavités, qui renferment chacune un sporange.

Une autre *Chlorophycée*, observée en empreintes, dans l'éocène d'Autriche (*Halimeda Saportæ* Fuchs), appartient également à un genre actuel, dans lequel elle se rapproche particulièrement de l' *H. gracilis* Harv.

Diatomées. — On connaît en diverses régions, dans les terrains crétacés et tertiaires, un grand nombre de *Diatomées*, dont la plupart peuvent être classées dans des genres et des espèces actuels. Rothpletz en a rencontré en outre deux espèces (*Pyxidicula bollensis* et

Bildung der skandinavisch-baltischen Silurablagerungen, Naturwiss Wochenschr., XI, 1896, p. 173 ; — *Untersuchungen über* Cœlosphæridium, Cyclocrinus, Mastopora *und verwandte Genera des Silur*, Arch. f. Anthropol. und Geol. Schleswig-Holsteins, I, 1896, p. 177.

liasica), mélangées aux fibres d'une éponge, dans le lias supérieur de Boll (Würtemberg) [1]. Ces dernières, qui semblent éteintes, en tant qu'espèces, appartiennent à un genre existant encore actuellement. On n'en connaît pas de plus anciennes, et notamment dans les couches paléozoïques, on n'a jamais réussi à en observer avec certitude [2].

Les *Diatomées* fossiles sont représentées, tantôt par des formes d'eau douce, comme aux environs de Berlin, tantôt par des formes marines, comme aux environs de Richmond (Virginie) ; elles sont, par suite, susceptibles de donner des indications très précises sur les conditions dans lesquelles se sont déposés les terrains dont elles font partie.

Quelquefois, elles forment la totalité ou tout au moins la plus grande portion de certaines couches géologiques. Ainsi, à Bilin, en Bohême, on en connaît un gisement épais de plus de 15 mètres, dans lequel les individus reconnaissables appartiennent pour la plupart au genre *Gallionella*, et sont réunis les uns aux autres par un ciment provenant de la désorganisation des tests d'autres individus [3]. Les Diatomées sont également abondantes dans les terrains crétacés des environs de Paris, où la silice de leurs valves a fréquemment été remplacée par du carbonate de chaux [4].

1. Rothpletz, *loc. cit.*, p. 910, fig. 3, et pl. 23, fig. 203.
2. Cf. Seward, *Fossil plants*, t. I, p. 154.
3. Ehrenberg, *Ueber das Massenverhältniss der jetzt lebenden Kieselfusorien und über ein neues Infusorien-Conglomerat als Polirschiefer von Jastrabs in Ungarn*, Abh. K. Akad. Wiss. Berlin, 1836, p. 77.
4. Cayeux, *Sur la présence de nombreuses Diatomées dans les gaizes crétacées du bassin de Paris*, Comptes rendus Acad. sc., vol. CXIV, 1892, p. 375, et Ann. Soc. géol. Nord France, t. XX, 1892, p. 57 ; — *Contri-*

Characées.

Avant de passer à l'étude des Champignons fossiles, il importe d'étudier le groupe aberrant des *Characées*, dont les anthérozoïdes notamment rappellent tout-à fait ceux des *Cryptogames vasculaires*, mais qui doit prendre sa place à la suite des Algues véritables.

Les *Characées* sont connues avec certitude seulement à partir du système jurassique. Elles sont surtout abondantes dans les couches tertiaires, quelquefois sous la forme de fragments de tiges, mais le plus souvent sous celle de fruits isolés.

Un genre particulier assez curieux (*Lagynophora* Stache), rencontré en Dalmatie dans des terrains qui constituent un terme de passage entre le système crétacé et le groupe tertiaire, se distingue par ses oögones ovales, pourvus à leur sommet d'un prolongement en col de bouteille.

Tous les autres restes de *Characées* fossiles se répartissent dans les genres *Chara* et *Nitella*, qui existent encore actuellement. Signalons entre autres le *Chara Bleicheri* Saporta, de l'oxfordien du département du Lot, dont les oogones, petits et quasi sphériques, montrent à leur surface un certain nombre de tubercules ; le *C. Knowltoni* Seward, rencontré à l'origine dans le wealdien du Sussex, et dont la tige montre très nettement, en coupe transversale, une grande cellule interne, entourée par une assise de cellules corticales.

Les restes de *Chara* constituent la presque totalité de

bution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires, Mém. Soc. géol. Nord, vol. IV, 1897.

certains travertins post-tertiaires, notamment en Angleterre, aux environs de Northampton [1], et dans le Forfarshire [2].

Elles constituent parfois également en grande partie des traînées marneuses dans les tourbières de Finlande [3].

Champignons.

On a décrit un très grand nombre de *Champignons* fossiles, dont la plupart sont dépourvus de fructifications et n'offrent qu'un intérêt tout à fait secondaire [4]. Aussi n'en signalerons-nous que quelques-uns, parmi les plus caractéristiques.

B. Renault a mentionné, dans des vaisseaux de *Lepidodendron esnostense*, la présence de filaments mycéliens simples ou plusieurs fois ramifiés, pourvus de cloisons transversales, et terminés généralement par un sporange sphérique ou ovoïde. Il a désigné le Champignon ainsi constitué sous le nom d'*Oochytrium Lepidodendri*, et l'a rapporté au groupe des *Chytridinées*, tout en déclarant qu'il ne se rattachait directement à aucun des genres constituant actuellement ce groupe [5].

Il a également signalé dans des écorces de *Lepidodendron* provenant du culm des environs d'Autun et de

1. Sharpe, *On a remarkable incrustation in Northamptonshire*, Geol. Mag.. vol. V, 1868, p. 563.

2. Lyell, *On a recent formation of fresh water limestone in Forfarshire*, Trans. geol Soc , vol II, 1829, p. 73.

3. Skertchly, *The geology of the Fenland*, Mem. geol. surv., 1877, p. 60

4. Voir : Meschinelli, *Fungorum fossilium omnium hucusque cognitorum iconographia*, 1898 ; — *Fungi fossiles*, in Saccardo, *Sylloge Fungorum*, vol. X, 1892, p. 741.

5. B. Renault, *Flore fossile d'Autun...* (*loc. cit.*), p. 424.

Roanne, des formations simulant tout à fait des plasmodes de *Myxomycètes* (*Myxomycetes Mangini*...) [1].

Divers autres parasites des végétaux de l'époque houillère et de l'époque permienne ont été rapportés aux *Mucorinées* (*Mucor combrensis* B. Renault ; *Palæomyces majus* B. Renault, *gracilis* B. Renault...) [2], ou aux *Péronosporées* (*Peronosporites antiquarius* Smith...) [3], mais, d'une manière générale, leur attribution systématique demeure jusqu'à nouvel ordre au moins douteuse.

On a rapporté aux *Saprolégniées*, en les rapprochant du genre *Achlya*, deux genres fossiles rencontrés dans des coraux et des coquilles de *Mollusques* (*Achlyites* Nees, *Palæachlya* Duncan) et dont le second provient des terrains siluriens et dévoniens d'Amérique, ainsi que des terrains permiens d'Australie.

Le groupe des *Urédinées* semble avoir existé dès l'époque du culm. B. Renault a observé dans une macrospore de *Lepidodendron* provenant de Combres (Loire) des probasides bicellulaires très nettes, tout à fait semblables d'aspect aux téleutospores du *Puccinia graminis*, et auxquelles il a d'ailleurs donné le nom de *Teleutospora Milloti* [4].

On connaît aussi de nombreux *Ascomycètes* à presque tous les niveaux géologiques. L'un des plus intéressants, en raison de son excellent état de conservation, est le

1. B. Renault, *Flore fossile d'Autun*... (*loc. cit.*), p. 422.
2. *Ibid.*, p. 427 et 439.
3. Carruthers, *Address before the geologists'association*, Proc. geol. assoc., vol. V, 1876 ; — Smith, *A fossil Peronospora*, Gard. Chron., 29 octobre 1877, p. 499.
4. *Flore fossile d'Autun* (*loc. cit.*), p. 427 et fig. 80.

Leptosphærites Lemoinii Richon [1], recueilli aux environs de Reims dans une argile à lignite située au-dessus du calcaire lacustre. Ce champignon, parasite d'une feuille de Monocotylédone, était représenté par un assez grand nombre de périthèces hémisphériques, pourvus d'une ostiole assez large et possédant des spores brunes, fusiformes, triseptées et légèrement arquées.

On a encore signalé à l'état fossile de nombreux Champignons imparfaits (*Hyphomycètes*). Tels sont le *Diplosporium ovale*, à conidies bicellulaires, les *Helminthosporium obovatum*, à conidies tricellulaires, *striiforme*, à conidies subdivisées en quatre ou cinq cellules, le *Macrosporium subtrichellum*, à conidies subdivisées en huit cellules, grâce à une cloison longitudinale et à trois cloisons transversales..., provenant des schistes bitumineux tongriens du Bois d'Asson [2] ; — le *Mucedites stercoraria* B. Renault, trouvé dans des coprolithes [3] ; — l'*Hyphomycetes stephanensis* B. Renault, observé dans des coupes de bois houillifié [4].

On a également rencontré des *Hyphomycètes* dans l'ambre de Prusse [5] (*Botrytites similis* Menge et Göpp., *Sporotrichites heterospermus* Göpp., *densus* Göpp. et Menge, *Streptotrichites spiralis* Berkeley, *Brachycladites Thomasinus* Berkeley, etc.).

On a signalé enfin quelques Champignons supérieurs

1. Bull. Soc. bot. de France, session extr. de Charleville, juin 1885, p. 8-9, et pl. 32.

2. B. Renault, *Sur quelques microorganismes des combustibles fossiles* (*loc. cit.*), p. 118-120, et pl. 17, fig. 13-18.

3. *Ibid.*, p. 328, et pl. 27, fig. 7.

4. *Ibid.*, p. 281, et fig. 34.

5. Voir notamment : Göppert, *Ueber die Bernsteinflora*, Monatsbericht Kön. preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1853.

fossiles (*Basidiomycètes*), dont un des plus nets a été rapproché du *Polyporus vaporarius* actuel, d'après les caractères de son mycelium, et aussi d'après les effets pathologiques produits sur le bois qui l'hospitalisait [1].

Lichens.

Le groupe des *Lichens* est beaucoup moins abondamment représenté à l'état fossile que celui des *Algues* et celui des *Champignons*.

On lui a rapporté certaines empreintes de l'époque tertiaire, observées sur des troncs d'arbres transformés en lignite, ou bien sur des feuilles et des rameaux conservés dans l'ambre. On n'en connaît par contre presque aucun exemplaire dans les couches paléozoïques. Matthew, toutefois, en a signalé une espèce (*Rhizomorpha lichenoides*) dans un échantillon contenant des fragments de tiges de *Calamites* et des feuilles de *Nevropteris*. Le thalle en question, assez épais, s'est montré constitué par un certain nombre de lanières, ramifiées dichotomiquement, rayonnant dans toutes les directions, à partir d'une région centrale ; sur sa face supérieure, certains disques, de petite taille, représenteraient des restes d'apothécies [2].

Muscinées.

Hépatiques. — On ne connaît que très peu d'*Hépatiques* dans les terrains antérieurs à ceux du groupe tertiaire. Parmi les plus anciens représentants de cette

1. Conwentz, *Monographie der baltischen Bernsteinbäume*, Dantzig, 1890.
2. Matthew, *On some new species of silurian and devonian plants*, Trans. roy. Soc. Canada, 3e série, t. I, p. 186.

série de végétaux, il convient de citer les *Palæohepatica* Raciborski [1], rencontrés dans le trias supérieur de la Haute Silésie et dans le jurassique inférieur des environs de Cracovie, et dont les thalles, ramifiés d'une manière dichotome, rappellent beaucoup ceux des *Marchantiées*.

De Saporta a rapporté aux *Jungermanniées* une petite tige feuillée, de l'urgonien du Portugal, qu'il a désignée sous le nom générique de *Jungermannites* [2].

On a en outre rapproché des *Preissia* actuels, sous le nom de *Preissites*, certains thalles dichotomes, à lobes arrondis, rencontrés dans les terrains du système de Laramie, en Amérique, lesquels forment le passage entre le crétacé et le tertiaire.

De même, c'est sous le nom de *Marchantites* Brgnt. qu'il convient de désigner les Hépatiques fossiles ressemblant aux *Marchantia* actuels. Il suffira de signaler parmi ces dernières le *M. erectus* Leckenby, sp., trouvé dans les couches oolithiques inférieures de la côte du Yorkshire, aux environs de Scarborough [3] ; — le *M. Sezannensis* Saporta, de l'oligocène de Sézanne, dont les organes reproducteurs mâles ont pu être observés en place [4].

1. Raciborski, *Ein fossiles Lebermoos aus der Keuperformation*, Schles. Ges. für vaterl. Cultur, 23 novembre 1892.

2. De Saporta, *Flore fossile du Portugal. Nouvelles contributions à la flore mésozoïque*, avec une notice stratigraphique par P. Choffat. Lisbonne, 1894.

3. Leckenby, *On the sandstones and shales of the oolites of Scarborough, with descriptions of some new species of fossil plants*, Quart. Journ. geol. Soc., vol. XX, 1864, pl. 11, fig. 3 ; — Seward, *Catalogue of the mesozoic plants in the department of geology, British Museum. The wealden Flora*, pl. 1, 1894, p. 17.

4. De Saporta, *Prodrome d'une flore fossile des travertins anciens de*

On a également rencontré dans l'ambre du nord de l'Allemagne, qui date de l'époque oligocène, des restes d'*Hépatiques* appartenant à divers genres actuels (*Frullania, Jungermannia...*) [1].

Enfin, M. Kidston ayant signalé des *Marchantites* dans la « Calciferous Sandstone series » du Berwickshire, en Ecosse, l'existence des *Hépatiques* semble remonter jusqu'à l'époque du culm [2].

Mousses. — Quant aux *Mousses*, on n'en a signalé que deux types aux époques qui ont précédé les temps tertiaires : les *Najadita*, du lias inférieur d'Angleterre, qui se rapprochent des *Fontinalis* actuels [3], et le *Muscites polytrichaceus* Renault et Zeiller, du stéphanien supérieur de Commentry, qui rappelle les *Polytrichacées* par son aspect général [4].

Mais, d'après des recherches de Miss Sollas, le genre *Najadita*, classé tantôt parmi les *Mousses*, tantôt parmi les *Naïadées*, comprenait en réalité des *Lycopodiacées*, probablement aquatiques [5].

Certaines Mousses fossiles ont été rencontrées avec des fructifications suffisamment nettes ; tel est le cas du

Sézanne, Mém. Soc. géol. France, vol. VIII, 1868, p. 308, et pl. 1, fig. 1-8 ; — Watelet, *Description des plantes fossiles du bassin de Paris*, p. 40 et pl. 11, fig. 6.

1. Gottsche, *Ueber die im Bernstein eingeschlossenen Lebermoose*, Bot. Centralblatt, vol. XXV, 1886.

2. Voir : Kidston, *Summary of progress of the Geol. Surv. of the united Kingdom for 1900*, p. 174 ; — *for 1901*, p. 179. — D. H. Scott, *Progressus Rei botanicæ*, I, 1906, p. 145.

3. Gardner, *On mesozoic Angiosperms*, Geol. Mag.. III, 1886, p. 203.

4. *Flore fossile du terrain houiller de Commentry*, Bull. Soc. industrie minérale, 1888, p. 34, et pl. 41, fig. 2-4.

5. *On the structure and affinities of the rhætic plant Naïadita*, Quart. journ. geol. Soc., LVII, 1901, p. 307-312, et pl. 13.

Muscites ferrugineus Ludwig, sp., du miocène de Dernbach (Nassau), dont les capsules, en forme de coupes, et supportées par de courts pédicelles, semblent dépourvues de dents à l'emplacement du péristome.

Quelques-unes seulement des Mousses de l'époque tertiaire se rapportent au genre *Sphagnum ;* la plupart d'entre elles se rapportent aux genres actuels *Thuidium*, *Leptodon*, *Fontinalis*, *Polytrichum*, *Bryum*, *Fissidens*, *Gymnostomum*, etc.

Enfin, certaines de celles que l'on a observées dans les terrains quaternaires ont pu être rapportées à des espèces actuelles.

CRYPTOGAMES VASCULAIRES

ÉQUISÉTALES

Contrairement aux *Thallophytes* et aux *Bryophytes*, les *Ptéridophytes* fossiles, celles de l'époque primaire tout au moins, présentent la plus grande importance au point de vue phylogénétique.

Parmi elles, l'alliance des *Equisétales*, par exemple, réduite actuellement au seul genre *Equisetum*, a eu une extension considérable aux temps paléozoïques.

On connaît un assez grand nombre de vrais *Equisetum* à partir de l'époque secondaire. Il semble que certains fossiles des temps primaires, notamment divers strobiles des terrains houillers du Yorkshire, doivent aussi être rapportés au même genre [1]. Néanmoins, jusqu'à plus ample informé, il est préférable de classer les empreintes provenant des couches paléozoïques et ressemblant aux tiges des *Equisetum* dans un genre spécial, le genre *Equisetites* Sternberg.

C'est seulement à partir du trias que le genre *Equisetum* est connu avec certitude. A cette époque, les individus qui le constituaient atteignaient une taille bien

1. Kidston, *On the occurrence of the genus* Equisetum : E. Hemingwayi *Kidston, in the Yorkshire Coal-measures* (Ann. and mag. nat. hist., 1892, I).

plus grande que leurs congénères actuels. Depuis, cette taille a diminué progressivement au cours des âges géologiques. Ainsi, les tiges de l'*Equisetites arenaceus* Bronn., du Keuper, mesuraient souvent plus de 20 centimètres de diamètre, et possédaient jusqu'à 120 feuilles dans un même verticille. Tandis que celles de l'*Equisetum oregonense* Newb., par exemple, recueilli dans les terrains tertiaires (miocènes ?) du Currant Creek, Oregon, en Amérique, mesuraient seulement 3 centimètres d'épaisseur [1]. D'autres formes de la même époque, telles que l'*Equisetum Lombardianum* Saporta (oligocène du département du Gard), dépassaient à peine comme dimensions les plus grands *Equisetum* actuels (*E. giganteum*, etc.).

Equisétales paléozoïques.

Morphologie externe. — La plupart des *Equisétales* paléozoïques, désignées sous le nom générique de *Calamites* Brongniart (voir fig. 3), pouvaient atteindre jusqu'à 20 ou 30 mètres de hauteur [2]. Un fragment de tige se rapportant à ce genre, et rencontré par M. Wild au toit d'une mine de houille du Lancashire, mesurait 10 mètres de longueur [3].

A l'état adulte, les tiges des *Calamites* étaient creuses comme celles des *Equisetum*, par suite de la disparition de leurs tissus médullaires, au cours du développement ontogénétique. Ces tissus ne se trouvaient conservés

1. Newberry, *The later extinct floras of north America*, U. S. geol. Survey, monographs, 1898, t. 35, p. 14, 15.

2. Grand'Eury, *Flore carbonifére du département de la Loire...*, p. 29 ; — *Géologie et paléontologie du bassin houiller du Gard*, p. 210.

3. Scott, *Studies in fossil botany*, 2e éd., p. 16.

qu'aux articulations, sous la forme de diaphragmes transversaux.

Les *Calamites* sont assez fréquemment réduites à l'état de moules internes, constitués par les substances minérales qui ont rempli leurs cavités centrales, et pouvant



Fig. 3. — *Calamites Suckowi :* moule de la cavité médullaire d'une tige, montrant trois nœuds, sur l'un desquels s'articule le moule d'une ramification. Entre les divers sillons longitudinaux, on remarque en dessous de chaque nœud les traces des canaux infranodaux (d'après Stur).

atteindre à eux seuls plus d'un pied de diamètre (Grand' Eury).

Souvent, toutefois, leurs tissus sont conservés, avec tous leurs détails de structure (échantillons silicifiés ou carbonatés), ou bien sous la forme de lames charbonneuses, d'épaisseur variable, sur les coupes transversales desquelles on peut d'ailleurs observer quelquefois, au microscope, ou même à la loupe, les coins de bois secondaire. Il devient alors possible d'étudier la surface

même des tiges, qui se montre parfois unie, mais le plus souvent pourvue de côtes longitudinales, séparées par d'étroites dépressions, et alternant d'un entre-nœud à un autre.

Il semble que certaines tiges calamitoïdes aient vécu d'une manière absolument indépendante. Mais chez beaucoup d'espèces (*Calamites Suckowi* Brgnt...), les organes en question se recourbaient horizontalement à leur base pour s'insérer sur d'autres tiges aériennes ou bien sur des rhizomes. Dans ce cas, leurs entre-nœuds diminuaient régulièrement de longueur dans leur région inférieure, et, par suite d'un rétrécissement progressif des lacunes centrales, leurs moules se terminaient également en pointes. Ces derniers ont donc toujours le même aspect général que les tiges au centre desquelles ils se sont formés.

Le genre *Calamites* avait été subdivisé, d'une manière très artificielle d'ailleurs, en plusieurs autres, d'après le mode d'insertion des rameaux sur les tiges principales [1].

Certaines de celles-ci, indivises ou ramifiées à de longs intervalles, d'une manière irrégulière (*Cal. Suckowi*...), furent désignées par Weiss sous le nom de *Stylocalamites*.

D'autres, possédant des verticilles de rameaux séparés par un certain nombre de nœuds qui en étaient dépourvus (*Cal. varians* Sternb...), reçurent le nom de *Calamitina*.

Celles dont toutes les articulations portaient un

1. Weiss, *Beiträge zur fossilen Flora Steinkohlen-Calamarien, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Fructificationen* (Abhandl. geol. Specialkarte v. Preussen u. d. Thüring. Staaten, Band V, Heft II, 1884).

ou plusieurs rameaux (*Cal. ramosus* Artis...) furent appelées *Eucalamites*.

Enfin, chez les *Asterocalamites* Schimper, les côtes superficielles des tiges n'alternaient pas d'un entre-nœud à un autre, et les ramifications existaient seulement en certaines régions, sur toutes les articulations correspondantes.

Structure des tiges. — Les tiges des *Calamites* présentaient à l'état jeune une structure analogue à celle des tiges d'*Equisetum*. Leur écorce était constituée dans sa partie externe par une zone de petites cellules, pourvue de bandes scléreuses alternant avec des bandes de parenchyme.

En dedans de cette zone, on remarque un tissu à membranes minces contenant des éléments sécréteurs. Puis vient un cercle de faisceaux collatéraux dont la partie ligneuse, développée d'une manière centrifuge, est assez réduite. Chacun de ces faisceaux possède, du côté interne, un canal dans lequel on observe souvent des débris de trachées.

Les tiges adultes montrent en dehors du bois primaire un anneau de bois secondaire plus ou moins épais (fig. 4), dont la présence, nécessitée par la grande taille de ces tiges, ne saurait constituer une différence systématique fondamentale entre les *Calamites* et les *Equisetum*. On sait d'ailleurs que, dans les nœuds de l'*Equisetum Telmateia* Ehrh., il a été observé également des indices de formations secondaires [1].

Chez les *Calamites*, la disposition des faisceaux de

1. Cormack, *On a cambial development in* Equisetum (Ann. of Bot., VII, 1893).

bois primaire est généralement la même que chez les *Equisetum*. Le faisceau de chaque feuille, lorsqu'il entre dans la tige, demeure indivis tout le long de l'entre-nœud situé en-dessous de son point d'insertion sur

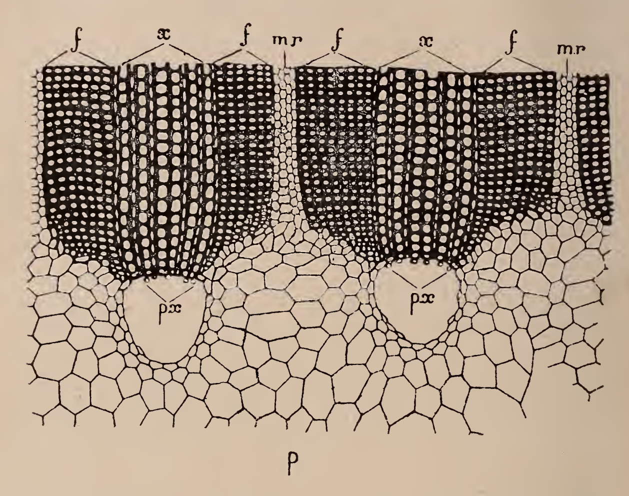


Fig 4. — Coupe transversale, incomplète, d'une tige de *Calamodendron intermedium*, montrant la partie interne de deux faisceaux pourvus de bois secondaire.

p, moëlle ; *px*, premiers vaisseaux, situés à l'intérieur de la lacune qui correspond à chaque faisceau ; — *x*, bois secondaire de chaque faisceau ; — *f*, portions latérales sclérifiées des rayons médullaires ; — *mr*, portions médianes parenchymateuses des mêmes rayons (d'après B. Renault).

cette dernière ; mais, lorsqu'il atteint le nœud suivant, il se bifurque, et ses deux ramifications se raccordent aux deux faisceaux caulinaires voisins, lesquels proviennent de deux feuilles insérées sur le nœud en question, et alternent avec lui.

Toutefois, chez les plus anciennes *Calamites*, rencontrées dans le dévonien et le culm (*Asterocalamites*), les divers faisceaux, comme les côtes superficielles, n'alternent pas aux articulations; chacun d'eux se continue tout le long de la tige à laquelle il appartient, suivant une direction unique. Il lui arrive bien de se ramifier en deux autres, aux articulations, mais ces derniers, au lieu de se raccorder aux faisceaux voisins, se rejoignent presque aussitôt l'un à l'autre, de manière à dessiner un contour fermé auquel aboutit le faisceau foliaire correspondant.

Chez d'autres *Calamites*, les faisceaux caulinaires peuvent se continuer directement durant deux entrenœuds. Chacun de ceux-ci possède alors deux fois plus de faisceaux qu'il n'en reçoit à son articulation supérieure. En tout cas, lorsqu'ils traversent les diverses articulations, les faisceaux peuvent demeurer tout à fait indépendants, ou bien entrer en connexion avec les faisceaux immédiatement voisins.

Ces diverses manières d'être sont d'ailleurs susceptibles de se rencontrer en diverses régions, chez un seul et même individu.

Dans les tiges de *Calamites*, le bois secondaire se subdivise en un certain nombre de groupes distincts, faisant suite aux faisceaux de bois primaire. Sur les sections transversales, l'ensemble de chacun des massifs ligneux ainsi constitué se termine en pointe du côté intérieur, alors que les rayons médullaires présentent du même côté une face concave.

La surface interne de l'anneau ligneux était donc sinueuse ; elle correspond à la périphérie des moules internes de *Calamites*, qui en constitue la contre-em-

preinte. Cette dernière est en effet pourvue de larges côtes coïncidant avec les rayons médullaires, et alternant avec des dépressions qui coïncident elles-mêmes avec les extrémités anguleuses des divers groupes vasculaires.

Au sommet de chacune de ces côtes, on remarque une légère protubérance dont la signification morphologique est demeurée longtemps une énigme. C'est Williamson qui en a donné le premier une interprétation satisfaisante, grâce à un spécimen dans lequel une grande partie des protubérances en question se trouvaient prolongées par autant d'appendices assez allongés[1]. Ces appendices représentent les moules internes des organes que Williamson a appelés *canaux infranodaux* (« infranodal canals »), lesquels se trouvaient disposés radialement dans la partie supérieure des espaces interfasciculaires, suivant toute l'épaisseur de l'anneau ligneux. Les canaux ainsi considérés proviennent de la désorganisation d'un tissu d'aspect particulier, facilement discernable sur les coupes longitudinales dans les échantillons à structure conservée. En tout cas, la disposition des proéminences qui marquent leur place actuellement permet de déterminer l'orientation des spécimens qui les possèdent.

Quoi qu'il en soit, les rayons médullaires des tiges de *Calamites* peuvent garder la même importance durant toute l'épaisseur du bois secondaire (*Arthropitys bistriata* Gœppert), ou bien être discontinus et entremêlés de groupes de vaisseaux interfasciculaires (*Arthropitys*

1. Williamson, *On the organisation of the fossil plants of the coal-measures...*, part. 9 (Phil. Trans. roy. Soc. London, 1878, pl. 21, fig. 31).

communis Binney, sp.). Dans d'autres cas, au lieu d'être parenchymateux, comme dans les tiges précédentes, ils sont constitués par des éléments sclérifiés, plus courts et plus gros que les vaisseaux ; ils sont en outre entremêlés, comme les divers massifs ligneux, de rayons médullaires secondaires. Les spécimens ainsi constitués ont été classés dans le sous-genre *Arthrodendron* Scott (= *Calamopitys* Will., non Unger), tandis que les précédents sont connus sous le nom d'*Arthropitys* Gœppert.

Un troisième type de tiges calamitoïdes (*Calamodendron* Brgnt), plus complexe que les autres, est caractérisé par ce fait que chaque rayon médullaire se trouve constitué par une bande parenchymateuse médiane, flanquée latéralement de deux larges bandes de sclérenchyme. L'épaisseur relative de ces bandes scléreuses et des faisceaux ligneux a été utilisée par Renault pour déterminer spécifiquement les tiges en question.

Enfin, chez une espèce très curieuse du carbonifère inférieur, le *Calamites pettycurensis* Scott, on remarque sur la face interne des canaux fasciculaires une certaine quantité de bois centripète, alors que chez toutes les autres espèces à structure conservée que l'on connaît, le bois primaire est exclusivement centrifuge [1].

Ainsi, chez le *C. pettycurensis*, comme chez quelques autres plantes fossiles (*Sphenophyllum*, *Poroxylon Edwardsii* [2]), les premières phases du développement de l'appareil conducteur subsistaient à l'état adulte, en majeure partie tout au moins, tandis que, dans les

1. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 36-38, et fig. 11.
2. Chauveaud, *L'appareil conducteur des plantes vasculaires et les phases principales de son évolution* (Ann. Sc. nat., Bot., 9e série, t. XIII, 1911, p. 242, 243, et fig. 90, 99).

tiges des autres *Calamites*, le bois centripète a disparu, par suite de phénomènes d'accélération embryogénique. Comme le présume M. Scott, il y a là un argument sérieux en faveur du rapprochement des *Equisétales* et des *Sphénophyllales* [1], entre lesquelles il existe d'ailleurs d'autres affinités, comme je le montrerai ultérieurement.

Outre leurs formations secondaires libéroligneuses, les tiges calamitoïdes possédaient dans leur écorce une grande quantité de périderme. Ce dernier, dans un spécimen figuré par Williamson [2], était plus important que l'anneau ligneux, qui mesurait pourtant deux pouces d'épaisseur.

Les ramifications des tiges de *Calamites* s'inséraient sur ces dernières immédiatement au-dessus des nœuds, et généralement entre deux traces foliaires. Leur taille était variable, tantôt à peu près équivalente à celle des tiges principales auxquelles elles appartenaient, tantôt au contraire très réduite. Dans ce dernier cas, elles existaient en grand nombre dans chaque verticille, et il semble en outre qu'elles se détachaient de bonne heure des tiges principales [3], à la surface desquelles, souvent, on n'observe plus que leurs cicatrices.

En tout cas, la moelle de ces diverses ramifications, comme celle des tiges qui les portaient, devenait pointue à leur extrémité proximale. Ceci explique la forme présentée par divers fragments de moules internes de *Calamites*, pointus également à l'une de leurs extrémités.

1. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd , p. 25.

2. Williamson, *On the organisation... loc. cit.*), part. 9 (Phil. Trans. roy. Soc. London, 1878, pl. 20, fig. 14, 15 .

3. Renault, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, 2e partie, p. 120.

Structure des feuilles. — On a parfois rencontré des tiges de *Calamites* encore pourvues de feuilles à certaines de leurs articulations [1]. Ces feuilles, simples et de forme aciculaire ou lancéolée, étaient disposées en verticilles et généralement libres jusqu'à leur base. Quelquefois pourtant, leurs extrémités proximales se trouvaient soudées de manière à constituer autour du rameau correspondant une gaine continue analogue à celles que l'on connaît chez les *Prêles* actuelles [2].

En tout cas, chacune des feuilles en question présentait en section transversale une forme analogue à celle des feuilles de *Prêles*, et elle était traversée par un faisceau collatéral unique, possédant un petit nombre de vaisseaux. En dehors de ce faisceau, on remarque un tissu palissadique spongieux, entouré lui-même par un épiderme qui montre parfois des stomates très nets [3].

Structure des racines. — On a désigné sous le nom générique d'*Astromyelon* Will., des organes qui s'inséraient sur les rhizomes et à la base des tiges aériennes des *Calamites* le long des articulations. D'après leur organisation générale et la position qu'ils occupent, ces

1. Cf. notamment : Lindley et Hutton, *The fossil flora of Great Britain*, pl. 114, 190 ; Howse, *A catalogue of fossil plants from the Hutton collection*, Newcastle, 1888 ; — Kidston, *Note on the palæozoic species mentioned in Lindley and Hutton's fossil Flora* (Proc. roy. Soc. phys. Edinburgh, X, 1890, p. 345) ; — Stur, *Die Carbon-Flora der Schatzlarer Schichten. Abt. II : Die Calamarien* (Abhandl. K. K. geol. Reichsanst. Wien, vol. XI, 1887).

2. Cf. Scott, *Studies in fossil botany*, 2e éd., fig. 12.

3. Voir notamment pour la structure des feuilles de *Calamites* : Thomas Hick, *On the structure of the leaves of* Calamites (Mem. and proc. Manchester lit. and phil. Soc., série 4, vol. IX, 1895, p. 179) ; — Seward, *Fossil plants*, vol. I, fig. 86 ; — Scott, *Studies in fossil botany*, 2e éd., fig. 14 ; — Hamshaw Thomas, *on the leaves of Calamites (Calamocladus section)*, Phil. Trans, roy. Soc. London. vol. 202, 1911, p. 51-87, et pl. 3-5.

organes semblent bien avoir constitué les racines des plantes qui les possédaient [1].

Contrairement aux tiges de ces dernières, ils n'étaient pas subdivisés en entre-nœuds séparés par des articulations, et ils étaient encore pourvus à l'état adulte d'une moelle généralement continue jusqu'au centre ; leurs empreintes, en outre, étaient lisses et ne possédaient pas de côtes longitudinales.

Leurs faisceaux de bois primaire qui, dans quelques jeunes exemplaires, ont été observés en alternance avec autant de faisceaux libériens [2], étaient exclusivement centripètes, et ordonnés suivant un cercle, en dehors duquel venait une zone assez épaisse de bois secondaire. Quant à l'écorce, elle montrait dans sa partie moyenne de grandes lacunes radiales, dont la présence était évidemment due à ce que les *Calamites* vivaient dans la vase (voir fig. 5).

Dans certains échantillons de petite taille, le bois primaire se montre continu jusqu'au centre, de manière à constituer un cordon axial diarche, triarche ou tétrarche.

Dans les racines âgées, outre les formations secondaires libéro-ligneuses, on remarque une certaine quantité de périderme dans l'écorce.

Certains fossiles connus sous le nom de *Pinnularia* Lindley et Hutton, ont été considérés comme des racines de *Calamites*. On ne saurait cependant rien affirmer au sujet de leur attribution, car ils se rami-

1. Williamson et Scott, *Further observations on the organisation of the fossil plants of the coal-measures, part II : The roots of* Calamites (Phil. Trans. roy. Soc. London, vol. CLXXXVI B, 1895).

2. Scott, *Studies in ossil Botany*, 2e éd., p. 44, 45.

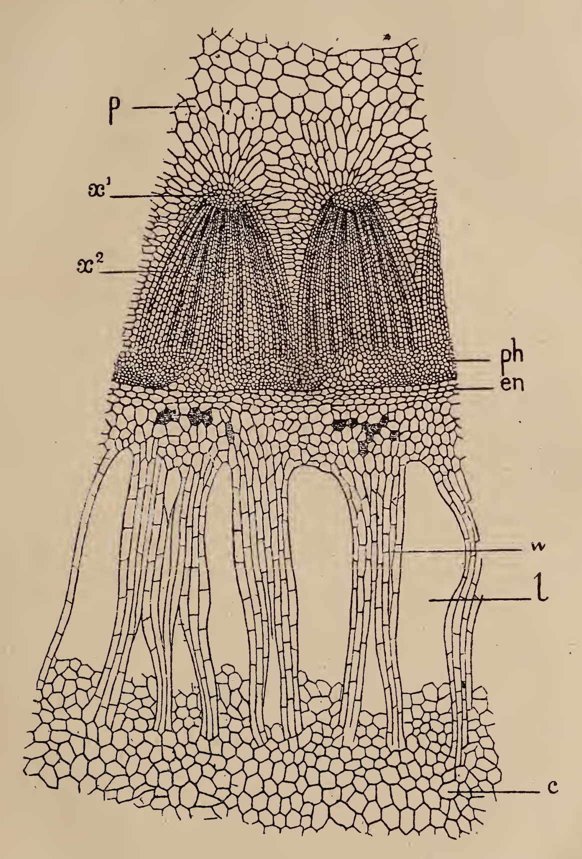


Fig. 5. — Coupe transversale, incomplète, d'une grosse racine de *Calamites* sp.

p, moelle ; — x^1, bois primaire centripète ; — x^2, bois secondaire centrifuge ; — *ph*, liber ; — *en*, endoderme ; — *l*, lacunes longitudinales de l'écorce ; — *w*, parois desdites lacunes ; — *c*, portion externe de l'écorce (d'après B. Renault).

fient d'une manière distique, alors que les racines de *Calamites* que l'on a trouvées en place se ramifiaient irrégulièrement sur tout leur pourtour [1].

Fructifications. — Les fructifications des *Equisétales* ainsi décrites peuvent être réparties dans quatre groupes principaux.

CALAMOSTACHYS Schimper.

L'un de ces groupes, connu sous le nom de *Calamostachys*, comprend des strobiles dans lesquels il existe à la fois des verticilles de bractées stériles, et des verticilles de sporangiophores, alternant régulièrement les uns avec les autres (fig. 6).

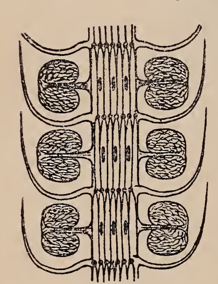


FIG. 6. — *Calamostachys* Schimper : coupe longitudinale schématique (d'après M. Zeiller).

C. Binneyana Carr., sp. — Chez le *C. Binneyana*, l'une des formes de ce groupe les plus communes en Angleterre [2], on constate que l'axe de chaque épi fructifère possède une moelle persistante comme les *Astromyelon*. Autour de cette moelle on observe six ou huit faisceaux ligneux primaires, généralement groupés par paires, et pourvus sur leur face interne d'une lacune dans laquelle on rencontre des débris de tra-

1. Kidston, *Les végétaux houillers recueillis dans le Hainaut belge et se trouvant dans les collections du Musée royal d'histoire naturelle à Bruxelles.* (Mém. mus. roy. hist. nat. Belgique, t. IV, p. 98.)

2. Voir, pour certaines interprétations particulières : G. Hickling, *The Anatomy of Calamostachys Binneyana*, Mém. and. Proc, Manchester lit. and phil. Soc., vol. 54, pt. III, 1909-1910, 13 p. et 1 pl.

chées: Ces faisceaux se continuent directement tout le long de l'axe, au lieu d'alterner d'un entre-nœud à un autre, et, à leur extérieur, il existe une certaine quantité de bois secondaire.

Dans chaque verticille stérile, les bractées, au nombre de douze environ, sont coalescentes jusqu'à une grande distance de leur base, de manière à constituer un disque horizontal continu, à la périphérie duquel s'élèvent verticalement leurs extrémités libres. Elles semblent en outre dépourvues de tissu spongieux et contiennent une quantité notable de sclérenchyme.

Les sporangiophores, au nombre de six ou huit par verticille, présentent une forme peltée, comme ceux des *Equisetum*. Chacun d'eux porte quatre sporanges qui sont insérés aux sommets de son expansion terminale et s'étendent jusqu'à l'axe du strobile dont ils font partie. Ces sporanges sont disposés de la manière suivante : deux dans un plan supérieur et deux dans un plan inférieur au pédicelle du sporangiophore, dans le sens transversal. Ils sont également disposés par paires, dans deux plans longitudinaux situés de part et d'autre du pédicelle en question.

Ce dernier reçoit un faisceau unique qui se bifurque à son sommet. Les deux faisceaux ainsi obtenus se bifurquent également dans l'expansion terminale, de manière à en former quatre autres qui se terminent à la base des quatre sporanges.

La paroi de ces derniers comprend une assise unique de cellules.

Les spores, toutes d'une seule et même catégorie, ont un diamètre de 0 mm. 09 en moyenne. On les a parfois

observées encore réunies en tétrades, à l'intérieur de leurs cellules mères. Dans chacune de ces tétrades, elles sont souvent inégales, les plus petites d'entre elles se trouvant avortées. Lorsqu'elles ont atteint leur maturité, on remarque en une certaine région de leur périphérie trois lignes rayonnantes qui doivent correspondre aux lignes de contact de chacune de ces spores avec les trois qui l'accompagnaient dans la tétrade dont elle faisait partie à l'origine.

C. Casheana Will. — D'autres strobiles, trouvés également en Angleterre, et que Williamson a désignés sous le nom de *C. Casheana*, diffèrent des précédents en ce qu'ils sont hétérosporés. Certains de leurs sporanges contiennent en effet de nombreuses spores plus petites que celles du *C. Binneyana*; tandis que d'autres en contiennent un nombre bien moins grand, dont la taille est environ le triple de celle des précédentes.

Ces deux sortes de sporanges se rencontrent dans les mêmes strobiles, et quelquefois sur les mêmes sporangiophores. Dans les macrosporanges, on constate fréquemment la présence de spores avortées, et ceci permet de concevoir la manière dont a pu être réalisée l'hétérosporie. Tout se passe en effet comme si, dans les sporanges de plantes primitivement isosporées, il était résulté de l'avortement de certaines spores des conditions de nutrition meilleures pour les autres, lesquelles seraient ainsi devenues des macrospores.

Certains *Calamostachys* ont été trouvés en connexion avec des tiges calamitoïdes, ce qui rend indéniable leur attribution aux *Equisétales*. Tel est le cas du *C. Ludwig*

Carr., dans lequel les bractées sont libres jusqu'à leur base [1].

Cette dernière espèce qui, d'après M. Renier, était probablement hétérosporée, semble n'avoir été représentée pendant longtemps que par un régime d'épis à structure conservée inclus dans un nodule de sidérose et provenant du terrain houiller de Hattingen, sur la Ruhr. Dernièrement, aux environs de Liége, dans des terrains westphaliens, du même âge que ceux de Hattingen. M. Renier en a rencontré un grand nombre d'exemplaires à l'état d'empreintes, constamment associés à des rameaux d'*Asterophyllites longifolius* Sternberg, auxquels il semble logique de rattacher le *Cal. Ludwigi*. Ces exemplaires, très bien conservés, ont pu être étudiés d'une manière précise et détaillée au point de vue morphologique [2].

D'autres *Calamostachys* ont montré dans leurs axes une structure anatomique analogue de tous points à celle des tiges calamitoïdes. C'est ainsi que l'axe du *C. Grand'Euryi* Renault, sp., par exemple, rappelle tout à fait une jeune tige de *Calamites* [3].

Ses bractées stériles, au nombre de trente-six dans chaque verticille, sont coalescentes à leur base, comme

1. Carruthers, *On the structure of the fruit of* Calamites (Journal of Botany, vol. V, 1867) ; — Weiss, *Steinkohlen-Calamarien*, II (Abhandl. zur geol. Specialkarte von Preussen, Bd. V, 1884, p. 163, et pl. 22-24).

2. A. Renier, *Découverte dans le westphalien de la Belgique d'empreintes de Calamostachys Ludwigi Carruthers* (Comptes rendus Ac. sc., 18 avril 1911, p. 1067-1069) ; — et *Observations sur des empreintes de Calamostachys Ludwigi*, Ann. soc., géol. Belgique, Mém. in-4°, 1912, 21 p. et 3 pl.

3. B. Renault, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, p. 135 et pl. 62 ; — *Cours de botanique fossile*, t. II, p. 136, et pl. 21, 22.

chez le *C. Binneyana*, et deux fois plus nombreuses que les sporangiophores de chaque verticille fertile.

Il descendait des disques horizontaux ainsi constitués, le long de l'axe des strobiles, dix-huit cloisons verticales rayonnantes qui atteignaient les sporangiophores sous-jacents et même les dépassaient quelque peu, mais sans jamais arriver jusqu'au verticille de bractées suivant.

Il en résultait la formation de compartiments dans chacun desquels se trouvaient logés quatre sporanges appartenant à deux sporangiophores différents.

Palæostachya Weiss.

Un autre groupe de fructifications, connu sous le nom de *Palæostachya*, est caractérisé par ce fait que les sporangiophores s'y trouvent insérés à l'aisselle même des bractées, et non plus dans les intervalles qui séparent les verticilles stériles (fig. 7 A).

P. gracilis Sternb., sp. — Chez le *P. gracilis* [1], chacun de ces derniers comprend vingt bractées et supporte dix sporangiophores, dont la structure, ainsi que celle des sporanges, correspond à peu près à ce que l'on sait des mêmes organes chez les *Calamostachys* isosporés.

P. sp. — Toutefois, Renault a observé deux sortes de sporanges dans un strobile des environs d'Autun qui doit se rapporter au genre *Palæostachya*, mais auquel il n'a pas donné de nom spécifique [2].

P. vera Seward. — Considérons maintenant une

1. Voir B. Renault, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, p. 74-76.
2. *Ibid.*, p. 77, et pl. 29, fig. 7.

autre espèce, le *P. vera*, provenant des « Coal-measures » du Lancashire, et primitivement désignée par William-

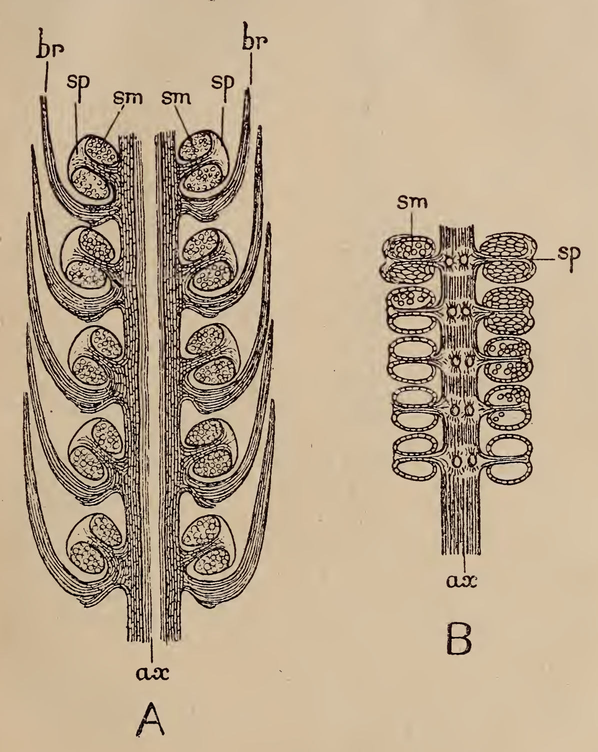


Fig. 7.

A : *Palæostachya* : coupe longitudinale *sp*, sporangiophores peltés, s'insérant à l'aisselle des bractées, *br* ; — *sm*, sporanges : — *ax*, axe du cône (Dessin de B. Renault, schématisé par M. D. H. Scott).

B : Strobile d'*Asterocalamites radiatus*, sectionné comme le précédent : *ax*, axe, supportant uniquement des sporangiophores, *sp* ; — *sm*, sporanges (d'après B. Renault).

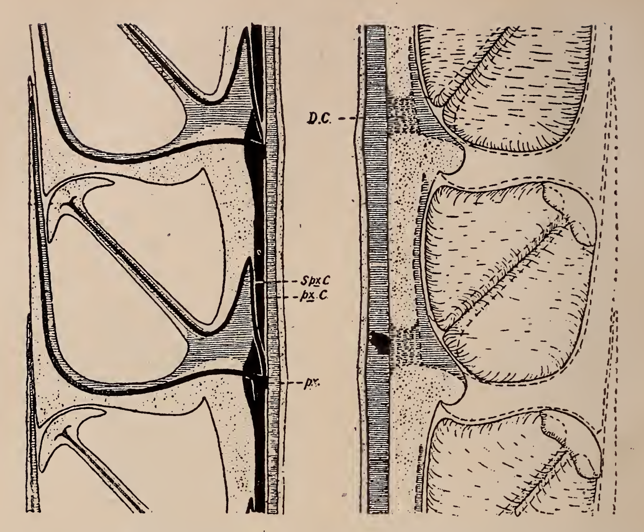


Fig. 8. — *Palæostachya vera* : section longitudinale, rencontrant l appareil vasculaire (représenté en noir plein) dans la moitié gauche de la figure et, dans la moitié opposée, passant entre les faisceaux. Les portions parenchymateuses sont indiquées en pointillé, et les régions sclérifiées le sont par des hachures. Les sporanges ne sont représentés que dans la moitié droite de la figure. — On remarque la réflexion brusque, à angle aigu, des faisceaux des sporangiophores, à une certaine distance de leur extrémité proximale.

pxC, lacune correspondant à chaque faisceau; — *SpxC*, lacune analogue appartenant à chaque sporangiophore; - *px*, premiers vaisseaux (« protoxylème ») persistant à chaque nœud ; (d'après M. Hickling).

son et Scott sous le nom de *Calamites pedunculatus* [1] (fig. 8).

1. Williamson et Scott, *Further observations on the organisation of the fossil plants of the Coal-measures*, part. I (Phil. Trans. roy. Soc. London, vol. CLXVXX, 1894, p. 916).

Les pédoncules des strobiles appartenant à cette espèce possédaient une structure absolument identique à celle des tiges calamitoïdes. On y remarque notamment un bois secondaire très net, qui disparaît à la base des strobiles, dans lesquels on ne le retrouve plus qu'aux articulations.

Le nombre des sporangiophores dans chaque verticille (16-20) est à peu près égal à celui des bractées sous-jacentes et aussi à celui des faisceaux caulinaires de l'axe du strobile dont ils font partie, lesquels sont groupés par paires et semblent ne pas alterner d'un entre-nœud à un autre.

Les sporanges sont disposés et constitués comme chez les *Calamostachys*, et ils contiennent une seule catégorie de spores.

L'unique faisceau de chaque sporangiophore quitte l'appareil conducteur de l'axe du strobile au même endroit que celui de la bractée correspondante. Il s'élève d'abord presque verticalement, jusque vers le milieu de la hauteur de l'entre-nœud immédiatement supérieur à son point d'origine ; puis il descend brusquement vers l'extérieur, avant de pénétrer dans un sporangiophore. Ce dernier apparaît ainsi comme un *appendice ventral* de la bractée à l'aisselle de laquelle il s'insère sur l'axe du strobile, et non comme l'équivalent d'une *feuille complète* modifiée [1].

MACROSTACHYA Schimper.

On connaît encore, sous le nom générique de *Macrostachya*, une autre catégorie de strobiles qui, comme

1. Voir, sur le *Palæostachya vera* : Hickling, *The anatomy of* Palæostachya vera (Ann. of Bot., vol. XXI, 1907, p. 369-385, et pl. 32, 33).

leur appellation l'indique, atteignaient une très grande taille. Chez le *M. carinata* Germar, ils mesuraient de 15 à 20 centimètres de long sur 3 centimètres d'épaisseur. Chacun d'eux possédait à la fois des macro et des microsporanges, comme ceux du *Calamostachys Casheana*[1]. Il était en outre recourbé à son extrémité inférieure, et ses bractées devenaient coalescentes à leur base.

Les tiges qui ont porté ces strobiles appartiennent au type *Calamitina;* elles mesurent de 12 à 15 centimètres de diamètre et, comme leurs strobiles, elles sont conservées seulement à l'état d'empreintes. Dans certaines d'entre elles néanmoins, B. Renault a pu constater au microscope l'existence d'un bois analogue à celui des *Arthropitys*[2]. Il a aussi rapporté au même genre un fragment de strobile silicifié provenant des environs d'Autun[3].

Cingularia Weiss.

Le genre *Cingularia* (*C. typica* Weiss) (fig. 9) n'est également connu qu'à l'état d'empreintes, recueillies d'abord dans le westphalien de la Sarre[4] et, depuis, dans le bassin correspondant de Meurthe-et-Moselle[5],

1. Renault, *Notice sur es Calamariées*, 3e partie (Bull. Soc. hist. nat. Autun, t. XL, 1898, p. 377).
2. Renault, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, p. 78.
3. *Ibid.*, p. [illegible] 80.
4. Voir, pour ce genre : Weiss, *Beiträge zur fossilen Flora : Steinkohlen-Calamarien, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Fructificationen* (Abhandl. geol. Specialkarte von Preussen u. d. Thüring. Staaten, II, Heft I, 1874, — et V, Heft 2, 1884).
5. Zeiller, *Sur la flore et sur les niveaux relatifs des sondages houillers de Meurthe-et-Moselle*. Comptes rendus acad., sc., 27 mai 1907, p. 1140.

ainsi qu'en Belgique [1]. Les tiges qui s'y rapportent présentent l'aspect habituel des tiges calamitoïdes. Leurs feuilles, toutefois, n'alternent pas d'une arti-

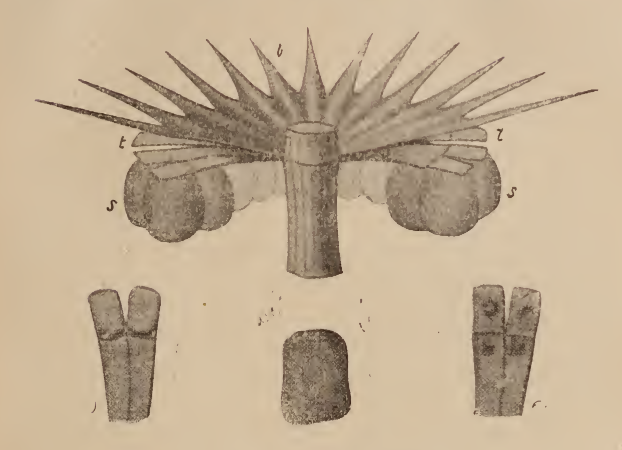


Fig. 9. — *Cingularia typica*.

En haut schéma montrant un verticile de bractées, *b*, coalescentes à leur base, et, en dessous de ces dernières, les sporangiophores (*t*) en lanières qui supportent les sporanges (*s*). — En bas : chaque côté, deux sporangiophores, vus à gauche par leur face supérieure et à droite par leur face inférieure ; au milieu, un sporange isolé (d'après Weiss).

culation à une autre, comme c'est le cas chez l'immense majorité des *Equisétales*. Leurs strobiles, très allongés, possèdent des verticilles de bractées notablement éloignés les uns des autres, ce qui leur donne un aspect très différent de celui des cônes précédemment

1. Kidston, *Les végétaux houillers recueillis dans le Hainaut belge, etc.*, Mém. mus. roy. hist. nat. Belgique, t. IV, 28 février 1911, p. 128.

décrits. Dans chacun de ces verticilles, les bractées, dont le nombre égale celui des sporangiophores, sont soudées à leur base suivant environ la moitié de leur longueur. Les sporangiophores, plus courts qu'elles, sont partiellement soudés à leur face *dorsale* [1], et non pas à leur face *ventrale*, comme cela avait lieu chez le *Palæostachya vera*, par exemple. Ils sont également soudés entre eux suivant une portion de leur longueur, comme les bractées stériles, et chacun d'eux, bifurqué plus ou moins profondément, et tronqué à son extrémité distale, supporte sur sa face *inférieure* quatre sporanges, deux du côté externe et deux du côté interne. Ces sporanges, de forme sphérique, sont environ cinq fois plus gros que ceux du *Calamostachys Binneyana*.

Par la coalescence de ses sporangiophores et de ses bractées, le genre *Cingularia* rappelle les *Sphénophyllales* ; mais ces dernières en diffèrent par ce fait que leurs sporangiophores constituent des lobes *ventraux*, et non pas *dorsaux*, de leurs bractées. Le genre *Cingularia* doit constituer un type de transition, *très aberrant*, présentant à la fois des caractères de *Sphénophyllales* et des caractères d'*Equisétales*, et que l'on ne saurait classer actuellement d'une manière précise et définitive.

ASTEROCALAMITES Schimper (= *Bornia* Auct., non Sternberg = *Archæocalamites* Stur).

Il reste encore à décrire les fructifications d'un groupe très particulier déjà mentionné, celui des *Astero-*

1. Fischer, *Einige Bemerkungen über die Calamarien-Gattung* Cingularia (Mitth. naturforsch. Gesellsch. in Bern, 1893, p. 1).

calamites qui, par ses feuilles filiformes, plusieurs fois dichotomisées (fig. 10), constitue, comme le genre *Cingularia*, un terme de transition entre les *Equisétales* et les *Sphénophyllales*.

Ces fructifications (fig. 7 B) sont représentées par des empreintes de strobiles contenant des verticilles de huit à dix sporangiophores, de forme peltée, et pourvus chacun de quatre sporanges. De distance en distance, une de leurs articulations supporte un verticille de bractées présentant un aspect analogue à celui des feuilles ordinaires [1].

Les tiges des *Asterocalamites* possédaient une structure analogue à celle

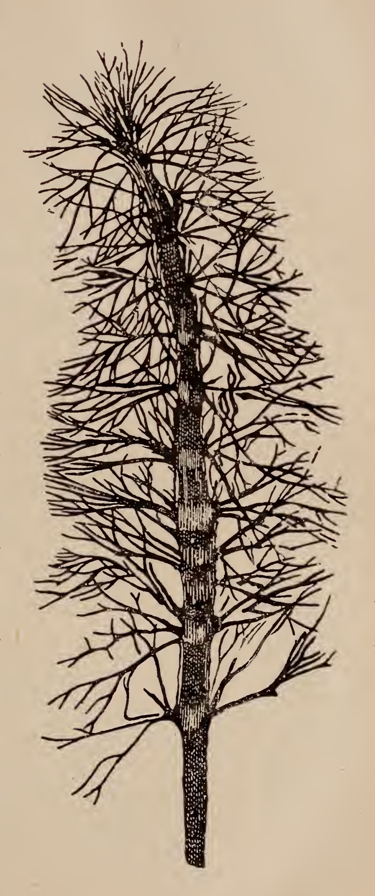


Fig. 10. — *Asterocalamites radiatus* : rameau montrant ses verticilles de feuilles ramifiées d'une manière dichotome (d'après Stur).

1. Kidston, *On the affinities of the genus* Pothocites *Paterson, with the description of a specimen from Glencartholm, Eskdale* (Ann. and Mag. nat. hist., série 5, XI, 1883, p. 297).

des *Arthropitys*, mais on sait déjà que leurs divers faisceaux, ainsi que leurs côtes superficielles, n'alternaient pas d'un entre-nœud à un autre; quant à leurs racines, elles étaient constituées comme les *Astromyelon*[1].

Autophyllites Grand'Eury.

On retrouve de semblables fructifications chez les formes du genre *Autophyllites*, du stéphanien, dont les feuilles, plus larges que celles des *Asterocalamites*, se ramifiaient comme ces dernières, mais dont les côtes des tiges alternaient d'un entre-nœud à un autre.

Classification des Equisétales paléozoïques.

D'après ce qui précède, il est évident que la classification des *Equisétales*, comme celle de la plupart des autres plantes fossiles, est extrêmement difficile à établir d'une manière précise ; souvent en effet, des organes provenant d'un même individu ont été trouvés isolément et désignés arbitrairement sous plusieurs appellations génériques.

M. Grand'Eury a réparti le groupe qui nous occupe dans trois sections principales [2].

Annularia Sternberg. — L'une de celles-ci comprend les formes connues sous le nom d'*Annularia* (fig. 11), abondantes dans les terrains houillers et permiens, et dont les axes principaux émettent dans leurs régions nodales des ramifications situées dans un plan unique.

1. Voir notamment, pour la structure des *Asterocalamites* : B. Renault, *Flore fossile d'Autun* (*loc. cit.*), p. 81-85, et pl. 42, 43 ; — Solms-Laubach, *Botanische Zeitung*, 1897, p. 219.

2. *Géologie et Paléontologie du bassin houiller du Gard*, p. 200.

Les feuilles des *Annularia* ont une forme plus ou moins lancéolée, et elles sont groupées en verticilles dans des plans très obliques par rapport aux axes qui les sup-

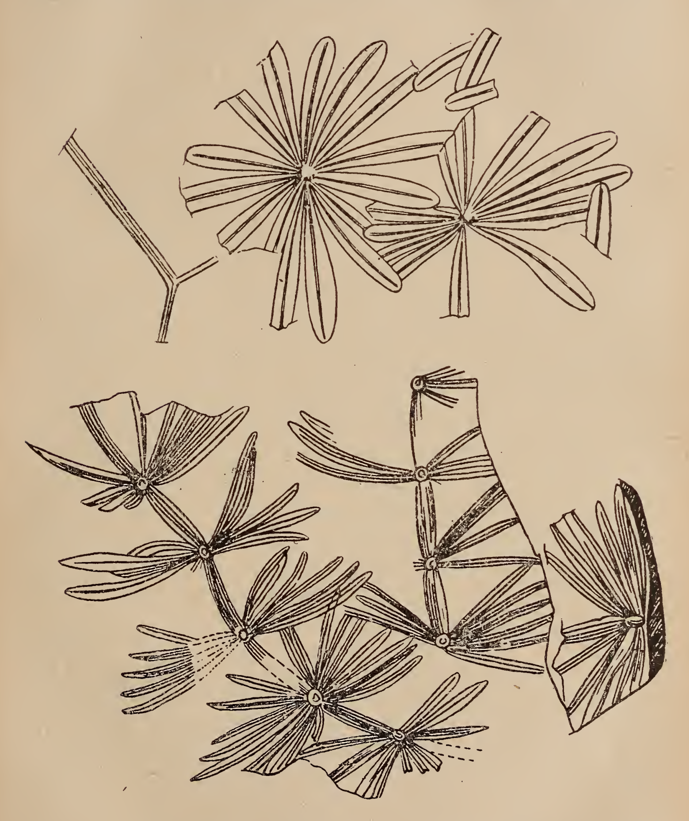


Fig. 11. — En haut : *Annularia mucronata* Schenk. En bas : *Annularia stellata* Schl. (= *A westphalica* Stur), d'après un échantillon de Werden (d'après Schenk et von Röhl).

portent, au lieu de rayonner autour de ces derniers, comme chez les autres *Equisétales*.

Dans chaque verticille, elles ont une taille variable, les plus longues étant situées latéralement. Chez l'*A. stellata* Schloth., sp., elles sont au nombre de seize à trente-deux à chaque articulation, et elles constituent par la coalescence de leurs extrémités inférieures une sorte de gaine analogue à celles que l'on connaît chez les *Equisetum* [1].

Arthropitys Goeppert. — La deuxième subdivision proposée par M. Grand'Eury est celle des *Arthropitys* ou *Calamites* proprement dits, dont les régions feuillées sont connues sous le nom d'*Asterophyllites* Brgnt. (*A. equisetiformis* Schloth., sp). Les tiges des plantes en question, dont la structure a été décrite précédemment, s'inséraient sur des rhizomes et appartenaient au type *Calamitina*. Leurs branches étaient disposées en verticilles, mais toutes les articulations n'en étaient pas pourvues.

Leurs dernières ramifications étaient ordonnées d'une manière distique et possédaient de nombreux verticilles de feuilles, entièrement libres ou coalescentes à leur base.

Ce groupe correspond à un facies, à une manière d'être, et non pas à une subdivision naturelle, car ses fructifications appartiennent à plusieurs types nettement distincts (*Calamostachys*, *Palæostachya*, *Macrostachya*).

Calamodendron Brgnt. — M. Grand'Eury a encore distingué la section *Calamodendron*, qui semble

1. Potonié, *Aeusserer Bau der Blätter von* Annularia stellata (Verhandl. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, Bd. 34).

cantonnée dans le carbonifère supérieur, alors que la précédente est largement représentée dans le carbonifère moyen.

Les tiges des *Calamodendron*, comme celles des *Arthropitys*, s'inséraient sur des rhizomes, et leurs ramifications étaient distribuées d'une manière irrégulière à leur périphérie ; elles appartiennent au type *Stylocalamites*.

Leurs branches feuillées ont été distinguées par M. Grand'Eury sous le nom de *Calamocladus* ; elles diffèrent des *Asterophyllites* en ce que leurs verticilles foliaires sont très éloignés les uns des autres et en ce que leurs dernières subdivisions, au lieu d'être ordonnées d'une manière distique, s'insèrent sur tout le pourtour des axes qui leur donnent naissance. En outre, leurs feuilles sont plurinerviées, alors que celles des *Annularia* et des *Arthropitys* sont seulement uninerviées.

Certaines des fructifications attribuées aux *Calamodendron* rappellent tout à fait celles des *Equisetum*, principalement en raison de l'absence de bractées stériles.

Le tableau suivant, reproduit d'après M. Seward [1], rappelle brièvement la signification des principaux termes employés jusqu'ici dans la nomenclature des *Equisétales* paléozoïques :

Empreintes ou moules internes de tiges.	*Calamitina*, *Eucalamites*, *Stylocalamites*.
Empreintes de rameaux feuillés. .	*Asterophyllites*, *Annularia*.
Fragments de tiges et de rameaux à structure conservée. . . .	*Arthropitys*, *Calamodendron*, *Arthrodendron*.

1. *Fossil plants*, vol. I, p. 381.

Fructifications.	*Calamostachys*, *Palæostachya*, *Macrostachya*, *etc.*
Racines à structure conservée. .	*Astromyelon*.
Empreintes de racines	*Pinnularia*.

Autres équisétales. — *Phyllotheca* Brgnt. — Nous allons signaler maintenant un genre assez mal défini, le genre *Phyllotheca*, qui a été longtemps considéré comme caractéristique du permo-carbonifère de la région australo-indienne, et comme ayant pris une extension maximum à l'époque jurassique. Mais M. Zeiller en a signalé la présence dans des couches westphaliennes d'Asie mineure, et, d'après ses recherches, il semble bien que l'on doive rapporter au permien plutôt qu'au jurassique les terrains de l'Altaï et de la Tongouska inférieure dans lesquels le genre *Phyllotheca* a présenté une grande variété [1].

Ce dernier appartiendrait donc non seulement à la flore secondaire, mais encore à la flore paléozoïque. Il est en tout cas caractérisé principalement par ses gaines foliaires subdivisées dans leur partie supérieure en segments bien plus allongés et plus écartés les uns des autres que ne le sont leurs équivalents chez les *Equisetum*.

Equisétales mésozoïques. — Dans les terrains secondaires, on a rencontré des formes d'*Equisétales* intermédiaires à plusieurs points de vue entre les formes paléozoïques et les formes actuelles du même groupe. Ainsi, l'*Equisetites arenaceus* Bronn., du trias, ressemblait

1. Zeiller, *Etude sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée* (Mém. Soc. géol. France, Paléontologie, nº 21, 1899, p. 65-69, et p. 82-87).

beaucoup aux Prêles modernes, mais il atteignait une taille considérable. Ses tiges mesuraient en effet 20 centimètres de diamètre, et chacun de leurs verticilles foliaires possédait jusqu'à cent vingt éléments.

Certaines espèces, telles que les *Equisetites Burchardti*

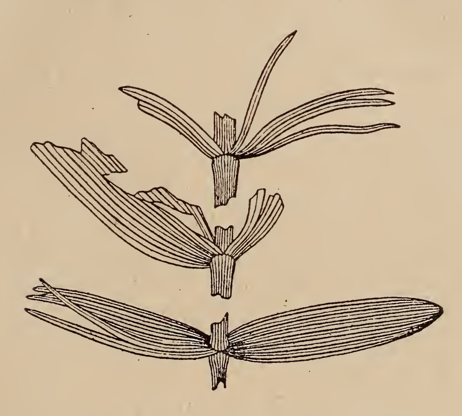


Fig. 12. — *Schizoneura gondwanensis* Feistmantel, du Permotrias de l'Inde : portions de tiges ou de rameaux feuillés (d'après Feistmant l).

Dunker et *Yokoyamæ* Sew., du wealdien, étaient pourvues de tubercules, comme diverses Prêles actuelles.

D'autres formes, réunies sous le nom générique de *Schizoneura* Schimper et Mougeot (*S. gondwanensis* Feist., *paradoxa* Schimper), et provenant du permotrias de l'Inde et du trias de l'Europe, atteignaient une taille assez faible. Leurs gaines foliaires, d'abord continues dans toute leur étendue, se subdivisaient ensuite en deux ou plusieurs segments plurinerviés (fig. 12).

Conclusion. — En résumé, les *Equisétales* fossiles

ressemblaient beaucoup aux *Equisetum* par leur plan général d'organisation. La différence fondamentale que l'on avait cru voir entre ces deux séries de plantes, dans la présence ou l'absence de bois secondaire, est purement illusoire. L'existence de ce tissu chez les *Equisétales* paléozoïques, comme chez leurs contemporains du groupe des *Lycopodiales*, s'explique facilement par la grande taille qu'elles atteignaient, grâce aux conditions de vie luxuriantes parmi lesquelles elles évoluaient.

L'étude des *Equisétales* paléozoïques permet d'affirmer, comme on le verra plus loin d'une manière détaillée, que ces plantes présentent des affinités manifestes avec les *Sphénophyllales* [1], auxquelles elles sont reliées par l'intermédiaire des *Asterocalamites*, des *Pseudoborniales* et aussi des *Psilotales*. M. Lignier a d'ailleurs réuni ces deux groupes sous le nom d'*Articulatæ*, qui rappelle l'aspect commun de la surface externe de leurs tiges.

Le rapprochement des *Equisétales* et des *Sphénophyllales* est aussi net au point de vue anatomique qu'au point de vue morphologique. La structure des *Equisétales*, très aberrante en apparence, peut en effet s'interpréter aisément à l'aide de la méthode ontogénétique. Les premiers vaisseaux de leurs tiges se sont formés d'une manière « excentrique » et ont disparu ensuite, comme chez les *Sphenophyllum* ; à l'état adulte, le bois primaire de chaque faisceau se trouve réduit à quel-

1. Voir notamment à ce sujet : Lignier, *Equisétales et Sphénophyllales, leur origine filicinéenne commune* (Bull. Soc. linn. Normandie, série 5, vol. VII, 1903) ; — *Sur l'origine des Sphénophyllées* (Bull. Soc. bot. France, 4e série, t. VIII, 1908).

ques éléments situés en dehors de la lacune qui occupe la place des éléments initiaux.

Mais, chez le *Calamites pettycurensis* (p. 31) le faisceau en question comprend également une quantité notable de bois centripète, en dedans de sa lacune. Si le développement de ce bois centripète s'était poursuivi jusqu'au centre de la tige, on aurait affaire à un mode d'organisation tout à fait comparable à celui que l'on connaît dans les tiges des *Sphenophyllum*.

Ces diverses affinités apparaîtront plus évidentes lorsque nous aurons étudié l'alliance des *Sphénophyllales*.

SPHÉNOPHYLLALES

L'alliance des *Sphénophyllales*, qui comprend uniquement des représentants fossiles, se subdivise en deux familles, celle des *Sphénophyllées* et celle des *Cheirostrobées*, que je vais successivement passer en revue.

I. — SPHÉNOPHYLLÉES

Dans la première de ces familles, on ne connaît actuellement qu'un seul genre, le genre *Sphenophyllum*.

Morphologie externe. — Les *Sphenophyllum* avaient des tiges étroites, articulées [1] et quelquefois très allongées [2]. Ces tiges se ramifiaient plus ou moins et étaient pourvues de côtes longitudinales. Ces côtes se continuaient directement à travers les nœuds successifs, au lieu d'alterner d'un entre-nœud à un autre, comme cela a lieu chez l'immense majorité des *Equisétales*. Quant aux ramifications, elles naissaient isolément sur les articulations.

1. C'est principalement ce dernier caractère, ainsi que la disposition verticillée des feuilles, qui avait fait jadis considérer certains spécimens anglais de *Sphenophyllum* comme se rapprochant beaucoup des *Galium* actuels (Cf. Scheuchzer, *Herbarium diluvianum*, Lugduni Batavorum, 1723, p. 19 ; pl. 4, fig. 1).

2. Un des spécimens les plus grands que l'on connaisse possède un axe large de 4 millimètres et long de 85 centimètres, sur lequel se trouve insérée une ramification ayant elle-même 61 centimètres de long. (Cf. Seward, *Fossil plants*, vol. I, p. 392).

Les feuilles (fig. 13) étaient verticillées et superposées les unes aux autres dans les divers verticilles d'un même rameau. Chez les espèces typiques, elles apparaissent sur les empreintes au nombre de six à chaque nœud,

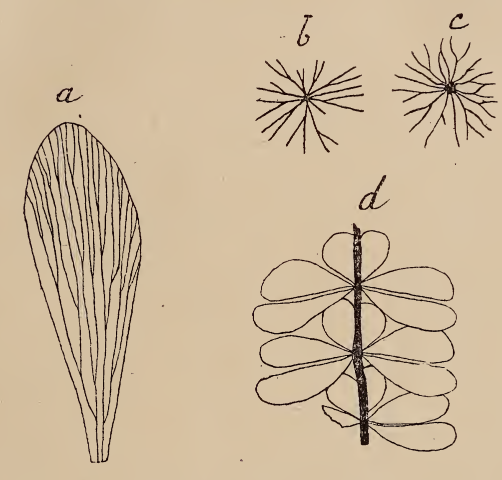


Fig. 13. — Divers aspects du feuillage chez les *Sphenophyllum*.

a, feuille isolée du *Sph. speciosum* Royle (d'après Feistmantel) ; — b, verticille de feuilles du *Sph. tenerrimum* (d'après M. Potonié) ; — c, verticille de feuilles du *Sph. trichomatosum* Stur (d'après M. A. C. Seward) ; — d, « *Trizygia* » *speciosa* Royle : fragment de rameau pourvu de trois verticilles de feuilles (d'après Feistmantel).

et elles sont alors sessiles, cunéiformes, quelquefois entières, mais généralement plus ou moins dentées comme chez le *Sph. cuneifolium* Sternb., sp., par exemple. Les nervures y sont toutes équivalentes entre elles, et se dichotomisent plusieurs fois de suite ; dans les feuilles dentées, chacune de leurs subdivisions

ultimes aboutit à l'extrémité d'une dent. D'autres fois, les six feuilles sont échancrées plus ou moins profondément en leur milieu, mais toujours reconnaissables (*Sph. emarginatum* Brongn.) ; ou bien elles deviennent très découpées, de façon à se décomposer à la limite en folioles linéaires étroites, simples ou dichotomes, et nettement distinctes les unes des autres (*Sph. myriophyllum* Crépin). On en arrive alors à ne plus discerner les six feuilles principales auxquelles leur ensemble est équivalent. Les folioles ainsi obtenues sont souvent très nombreuses : M. Zeiller en a compté jusqu'à trente par verticille chez le *Sph. myriophyllum* [1]. C'est dans de telles conditions que l'on a confondu parfois des rameaux de *Sphenophyllum* avec des rameaux d'*Asterophyllites*.

Ces deux catégories extrêmes de feuilles, les unes entières, les autres profondément découpées en lanières filiformes, ont été assez fréquemment rencontrées sur les mêmes individus, avec divers termes de passages entre elles. C'est ainsi que MM. Seward et Zeiller ont observé des folioles absolument distinctes sur des rameaux de *Sph. cuneifolium* Sternb. (sp.) portant des branches pourvues de feuilles cunéiformes normales [2]. Renault a observé la même chose chez le *Sph. oblongifolium* Germ. [3]. Il s'ensuit que ces deux manières d'être sont

1. *Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes*, p. 422 ; pl. 61, fig. 7 ; pl. 62, fig. 2-4.

2. Seward, *Sphenophyllum as a branch of Asterophyllites*, Mem. and Proc. Manchester lit. and phil. Soc , série 4, p. 3, fig. 1 ; — Zeiller, *Etude sur la constitution de l'appareil fructificateur des Sphenophyllum*, Mém. Soc. géol. France : Paléontologie, nº 11, 1893, p. 13, 14.

3. *Flore fossile du terrain houiller de Commentry :* 2e partie, p. 483 ; pl. 50, fig. 1, 2.

loin d'avoir une réelle importance, au point de vue systématique, et qu'elles ne sauraient constituer des caractères génériques, ni même des caractères spécifiques.

Certains auteurs ont pourtant comparé ce dimorphisme des feuilles à celui qui s'observe chez certaines Renoncules aquatiques, et ont prétendu que les *Sphenophyllum* devaient avoir vécu en partie plongés dans l'eau. Cette hypothèse paraît dénuée de fondement, car dans bien des cas, chez le *Sph. cuneifolium*, par exemple, on a rencontré des feuilles filiformes dans les régions les plus élevées de la plante, telles que les rameaux fructifères, alors qu'à des niveaux inférieurs il existait des feuilles ordinaires.

En tout cas, chez certaines espèces, dont la plus typique est le *Sp. speciosum* Royle (sp.), chaque verticille comprend six feuilles inégales, groupées deux par deux, de façon à constituer une paire antérieure d'éléments plus courts et deux paires latérales d'éléments plus allongés. C'est pour ce type de *Sphénophyllées* que Royle avait créé un genre spécial, sous le nom de *Trizygia*. Ce prétendu genre a été longtemps considéré comme un des représentants les plus caractéristiques de la flore dite « à *Glossopteris* ». Le *Sph. speciosum* a été rencontré en effet dans les couches permo-triasiques de Damuda, dans l'Hindoustan, lesquelles constituent une portion de l'ancien continent de Gondwana.

On a également signalé depuis des empreintes de Sphénophyllées du type *Trizygia* dans le terrain houiller du Monte-Pisano, en Italie [1]. Bosniaski rapporte ces formes à deux espèces, dont l'une ne serait autre

1. Bosniaski, *Flora fossile del Verrucano nel Monte-Pisano*, Pise, 1890.

chose pour lui, que le *Trizygia speciosa*. Mais, comme l'a démontré M. Zeiller, cette dernière est en réalité identique au *Sphenophyllum verticillatum* Schlotheim [1]. L'une des figures qu'en donne Bosniaski [2] rappelle bien les petites formes du *Tr. speciosa* ; mais un verticille qu'il en a figuré ailleurs [3] rappelle absolument le *Sph. verticillatum* par tous ses caractères et notamment par la disposition relative de ses feuilles. D'ailleurs, le spécimen-type du *Sph. verticillatum* [4] montre des verticilles comprenant deux feuilles antérieures légèrement réduites par rapport aux feuilles latérales, quoique moins rapprochées l'une de l'autre qu'elles ne le sont dans les spécimens figurés par Bosniaski.

On a donc là encore affaire à des variations de détails, qui ne constituent point un caractère générique, ni même un caractère spécifique. En effet, tandis que la prétendue caractéristique du genre *Trizygia* semble se retrouver constamment chez des formes telles que les *Sph. speciosum* et *filiculme*, on observe, au contraire, chez le *Sph. oblongifolium*, certains rameaux dans lesquels les verticilles possèdent des feuilles inégales, alors que d'autres rameaux, très nombreux, sont garnis à chaque nœud de feuilles toutes équidistantes et égales entre elles [5]. Il existe donc tous les passages entre le type *Sphenophyllum* ordinaire et le type *Trizygia* : ces deux types peuvent d'ailleurs, comme je viens de le

1. Zeiller, *Sur la valeur du genre Trizygia*, Bull. Soc. géol. France, 3e série, t. XIX, 1890-1891, p. 676, 677.
2. *Loc. cit.*, fig. 1.
3. *Ibid.*, fig. 2.
4. *Flora der Vorwelt*, pl. 2, fig. 24.
5. Zeiller, *loc. cit.*, p. 675, 676.

montrer, coexister dans une même espèce. *Le genre* Trizygia *doit par conséquent être rayé de la nomenclature* [1].

Structure anatomique. — Etudions maintenant la structure anatomique des divers organes qui constituent le corps végétatif des *Sphenophyllum*, en commençant par le *Sph. plurifoliatum* Will. et Scott [2].

Cette espèce, qui a été recueillie dans les « lower coal-measures » du Lancashire et du Yorkshire, n'est pas connue à l'état d'empreintes ; néanmoins, d'après l'examen de certaines coupes transversales de ses tiges, prises dans les régions nodales, on peut affirmer qu'elle possédait au moins 18 feuilles par verticille, lesquelles feuilles devaient être filiformes, comme chez le *Sphenophyllum trichomatosum* [3], par exemple. Quoi qu'il en soit, les fragments de tiges que l'on a observés chez cette espèce (fig. 14) possèdent un faisceau central de bois primaire, dont la trace a la forme d'un triangle à faces concaves. Ce faisceau est centripète et possède à chacun de ses sommets un pôle constitué par des vaisseaux spiralés et réticulés très étroits ; dans tout le reste de son étendue, il est formé de vaisseaux ponctués.

A sa périphérie, il existe un certain nombre d'assises de bois secondaire centrifuge, dont les éléments ont une taille bien plus grande le long de ses trois côtés

1. Zeiller, *loc. cit.*, p. 676.

2. Voir notamment, au sujet de cette espèce : Williamson, *On the organisation of the fossil plants of the coal-measures :* part. V, Phil. trans. roy. Soc. London, vol. CLXIV, 1874 ; — Williamson et Scott, *Further observations on the organisation of the fossil plants of the coal-measures* part. I, Phil. trans. roy. Soc. London, vol. CLXXXV, 1894.

3. Cf. Seward, *Fossil plants*, vol. I, p. 398.

qu'en face de ses sommets. Ce nombre d'assises variait naturellement beaucoup suivant l'âge des échantillons,

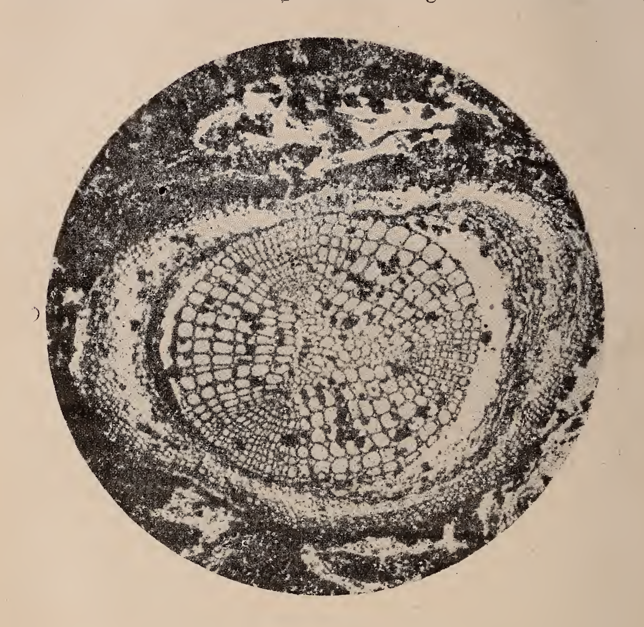


Fig. 14. — *Sphenophyllum plurifoliatum.* Coupe transversale d'une tige adulte, montrant le triangle central de bois primaire, et autour de ce dernier, en allant de l'intérieur vers l'extérieur : le bois secondaire centrifuge, des restes du liber, et un épais périderme. L'écorce primaire est disparue (d'après Williamson et Scott).

et aussi, dans une même plante, suivant les niveaux auxquels ont été prélevées les coupes que l'on examine.

Ainsi, le bois secondaire se trouve subdivisé en six régions d'aspects très différents, et qui alternent les

unes avec les autres. Les trois régions situées en face des sommets du faisceau ligneux central sont en contact direct avec lui ; mais les trois autres en sont séparées par une assise de parenchyme. Autrement dit, la zone génératrice aux dépens de laquelle s'est formé le bois secondaire a commencé à fonctionner dans les cellules bordant immédiatement les sommets du bois primaire, tandis que, sur les faces de ce dernier, elle a fonctionné seulement à partir de l'avant-dernière assise de parenchyme. En outre, le développement du bois centrifuge semble s'être fait en deux temps, et avoir commencé le long des faces du prisme ligneux central, où l'on a remarqué parfois, dans de jeunes échantillons, jusqu'à trois assises de vaisseaux secondaires, alors qu'il n'en existait encore aucun en face des pôles [1]. Ceci explique la différence de taille qui existe entre les éléments du bois secondaire suivant les régions considérées.

Ces éléments, de nature ponctuée, ont une section transversale sensiblement carrée ; en outre, leurs angles sont plus ou moins arrondis ou tronqués, de sorte qu'ils ne sont pas exactement juxtaposés les uns aux autres. Les espaces qui les séparent sont remplis par des cellules parenchymateuses à parois minces, beaucoup plus petites que les vaisseaux ; ces cellules sont ordonnées en files longitudinales et en files transversales, qui s'anastomosent entre elles de façon à constituer un réseau parenchymateux très compliqué, dont les mailles sont remplies par le bois secondaire.

En dehors de ce dernier, dans les spécimens très bien

1. Williamson et Scott, *loc. cit.*, p. 926.

conservés, on observe la zone génératrice, avec ses cellules tubulaires à parois très minces, puis les restes du liber secondaire. Enfin, dans les tiges d'un certain âge, on remarque l'indication très nette d'une zone génératrice corticale qui a donné naissance à un périderme. Cette zone paraît avoir fonctionné d'abord dans l'écorce, et finalement dans le parenchyme libérien secondaire lui-même [1]. L'écorce secondaire ainsi obtenue était plus épaisse en face des sommets du bois primaire qu'en face de ses trois côtés. Quant à l'écorce primaire, qui était constituée par une zone parenchymateuse entourée à l'extérieur par une gaine scléreuse, elle a complètement disparu dans les très vieilles tiges.

Les tiges de tous les *Sphenophyllum* connus sont construites sur le même plan fondamental que celles du *Sph. plurifoliatum*. Toutefois, on remarque, chez certaines d'entre elles, des différences assez importantes. C'est ainsi que, chez le *Sph. insigne* Will. (sp.) [2], trouvé d'abord dans la « Calciferous Sandstone series » de Burntisland, en Ecosse, et signalé depuis dans le culm de Silésie, il existe une lacune un peu avant l'extrémité de chaque angle du faisceau ligneux central (fig. 15) ; cette lacune est entourée de vaisseaux spiralés et provient de la désorganisation des trachées initiales. De plus, les vaisseaux secondaires sont scalariformes au lieu d'être ponctués, et les cellules de parenchyme ligneux que l'on trouve parmi eux constituent de véritables rayons continus : on n'a plus le système compliqué de mailles que l'on avait chez le *Sph. plurifoliatum*.

1. Williamson et Scott, *loc. cit.*, p. 925.
2. Williamson, *loc. cit.*, part. V.

Par ces deux caractères anatomiques, le *Sph. insigne* diffère de toutes les autres espèces connues du même



Fig. 15. — *Sphenophyllum insigne* Coupe transversale d'une tige relativement jeune, montrant : 1° le triangle central de bois primaire, avec, à chacun de ses sommets, une lacune qui marque la place des premiers éléments ligneux disparus ; 2° puis le bois secondaire ; 3° des restes de liber ; 4° et enfin l'écorce primaire, à la périphérie de laquelle on remarque deux sillons (d'après Williamson et Scott).

genre[1] ; et il est intéressant à ce sujet de remarquer qu'il est le plus ancien de tous les *Sphenophyllum* qui ont été rencontrés jusqu'ici avec leur structure conservée.

Chez d'autres formes, provenant des environs d'Autun, les trois angles du triangle ligneux central de la tige possèdent à leur extrémité une lacune qui n'est pas limitée par des vaisseaux primaires du côté externe [1] : elle est donc terminale, et non plus subterminale, comme chez le *Sph. insigne.* Les branches du bois primaire semblent ainsi dichotomisées tout près de leurs extrémités et possèdent en tout six sommets au lieu de trois.

Enfin, dans l'axe du strobile du *Bowmanites Dawsoni* Will. (sp.), ainsi que dans un fragment de tige que Williamson a rapporté à cette espèce [2], les extrémités des trois branches rayonnantes du faisceau ligneux central sont très élargies et légèrement bifurquées à leur extrémité ; chacune d'elles possède deux pôles latéraux et l'ensemble du faisceau est hexarche.

L'histoire du développement ontogénétique des *Cryptogames vasculaires* actuelles permet d'interpréter la plupart des différences anatomiques que je viens de signaler. M. Chauveaud a en effet constaté [3] qu'il existe tous les passages entre la structure *centrique* à liber externe, et la structure *alterne*, toutes les deux si fréquentes chez les *Ptéridophytes.* La transition entre ces deux modalités s'effectue de la manière suivante : on

1. Renault, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac,* 2e partie, p. 149 ; pl 64, fig. 3.

2. Williamson, *loc. cit* , part. XVII ; pl. 15, fig. 19 ; — Williamson et Scott, *loc. cit.*, p. 940.

3. G. Chauveaud, *Sur le passage de la structure alterne à la structure concentrique à liber externe,* Bull. Soc. bot France, t LV, 1908, p. 386-391 ; — *L'appareil conducteur des plantes vasculaires et les phases principales de son évolution,* Ann. Sc. nat., Bot., 9e série, t. XIII, 1911, p. 229-254.

a d'abord un cercle discontinu de tubes criblés, au centre duquel se forme un vaisseau unique, puis, autour de celui-ci, un groupe de plusieurs autres vaisseaux. Ce dernier devient progressivement *excentrique ;* à partir de ce moment-là, il peut exister plusieurs autres groupes analogues, tous compris à l'intérieur du cercle libérien. Finalement l'excentricité de ces groupes devient telle qu'il n'existe plus de tubes criblés en face d'eux. La structure *alterne* se trouve ainsi réalisée, et les faisceaux ligneux se développent désormais à partir de la périphérie vers le centre.

Il importe toutefois d'ajouter que, souvent, leur développement n'est pas rigoureusement centripète, mais *mésarche*, c'est-à-dire que, tout autour du groupe initial de vaisseaux, il se forme quelques autres éléments dont les plus externes sont généralement destinés à disparaître ensuite. Après cela, le développement se poursuit uniquement vers le centre. On a là un intermédiaire entre la structure *endarche* et la structure *exarche* du bois.

Les considérations qui précèdent vont nous donner quelques éclaircissements sur l'organisation des *Sphenophyllum*, bien que l'on ignore si, chez ces derniers, l'anneau de liber primaire était continu ou interrompu en face des pôles ligneux, autrement dit, si la structure y était *excentrique* ou véritablement *alterne*.

Ainsi, dans la tige adulte du *Sph. plurifoliatum* et dans celle du *Bowmanites Dawsoni*, le bois primaire est hexarche et s'est développé d'une façon centripète. Mais, dans celle du *Sph. insigne*, il a conservé une structure *mésarche*, puisque ses trois lacunes, qui occupent la place des pôles initiaux disparus, sont encore

entourées par un certain nombre de vaisseaux spiralés, chez la plante adulte. Le *Sph. insigne*, qui est une espèce beaucoup plus ancienne que le *Sph. plurifoliatum*, est donc moins évolué que ce dernier, au point de vue de la structure du bois primaire de sa tige. La même conclusion a d'ailleurs été tirée de la disposition de son parenchyme ligneux[1].

J'ai déjà indiqué que, dans les tiges des *Sphenophyllum* d'Autun décrits par Renault, tels que le *Sph. quadrifidum*, par exemple, les trois lacunes du faisceau ligneux central sont terminales, et non plus entourées complètement par des vaisseaux primaires. Si, au cours du développement, il s'est formé des vaisseaux à la partie externe des pôles initiaux, ils ont disparu avec ces derniers, au lieu de subsister à l'état adulte, comme chez le *Sph. insigne*. On a là un intermédiaire entre la structure *mésarche*, qui persiste toute la vie chez le *Sph. insigne*, et la structure vraiment *centripète*.

L'organisation de la tige des *Sphenophyllum*, telle que je viens de la décrire, ne se modifie pas sensiblement au niveau des articulations[2]. A ce niveau-là, le tissu fondamental de l'écorce est constitué par des cellules parenchymateuses qui sont bien moins hautes que celles des entre-nœuds sur les coupes longitudinales[3] ; ces cellules constituent une sorte de disque que les faisceaux foliaires traversent horizontalement, en sortant de la tige.

Le mode de départ de ces faisceaux a été décrit avec

1. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e édition, p. 96.
2. Renault, *Flore fossile d'Autun...*, p. 153.
3. Cf. Renault, *Nouvelles recherches sur la structure des Sphenophyllum...*, Ann. Sc. nat., Bot , 6e série, t. IV ; pl. 7, fig. 1.

beaucoup de précision chez quelques espèces françaises, par B. Renault[1]. Ce dernier a vu partir de chacun des six groupes de petits vaisseaux situés aux angles du bois primaire un cordon constitué seulement par quelques minces trachées. Chacun de ces petits faisceaux est perpendiculaire à celui de la tige, et se subdivise bientôt, dans l'écorce même de cette dernière, en deux, trois ou quatre autres, suivant que les feuilles de l'espèce considérée possédaient à leur base deux, trois ou quatre nervures.

Ces dernières se dichotomisent ensuite plus ou moins dans l'étendue de chaque feuille, à mesure que celle-ci s'élargit ou se subdivise en segments. Chez les espèces à feuilles découpées en lanières filiformes, chacune de celles-ci reçoit un seul faisceau qui demeure indivis dans toute son étendue.

La structure des feuilles de divers *Sphenophyllum* a aussi été décrite en détails par Renault[2]. Sur les coupes transversales de ces organes, on remarque un tissu fondamental uniforme, composé de cellules parenchymateuses qui laissent entre elles de grands méats. Dans ce tissu sont réparties les traces des nervures, dont chacune possède un groupe de quelques vaisseaux, entouré par un peu de liber. Chaque nervure, en outre, est séparée de l'épiderme supérieur, ainsi que de l'épiderme inférieur, par un massif de sclérenchyme. Une telle abondance de tissus sclérifiés semble apporter un nouvel argument à l'appui de cette idée que les *Sphenophyllum* n'ont pas pu être des végétaux aquatiques.

1. *Flore fossile d'Autun*..., p. 153.
2. *Ibid.*, p. 154, 155.

B. Renault a encore étudié de petits organes qu'il a considérés comme ayant été des racines de *Sphenophyllum*[1]. Ces organes, qui semblent s'être insérés sur les nœuds des tiges[2], possèdent une bande diamétrale de bois primaire, composée de trachées à ses deux extrémités, et de vaisseaux rayés dans le reste de son étendue.

Autour de ce faisceau, il existe quelques cellules à parois minces, puis un anneau de bois secondaire comprenant de onze à quinze assises de gros vaisseaux, lesquels sont tous du même calibre dans chaque assise. Après cela, on trouve un parenchyme lacuneux souvent endommagé et enfin une zone subéreuse.

Des organes constitués à peu près comme les précédents ont été rencontrés parfois en association avec le *Sph. plurifoliatum*, et aussi avec le *Sph. insigne* : ce sont probablement des fragments de racines ayant appartenu à ces espèces[3].

Fructifications. — Pour terminer l'histoire des *Sphénophyllées*, il reste à en décrire les fructifications. Certaines de celles-ci ont pu être étudiées au microscope : tel est le cas du *Bowmanites Dawsoni* Will. (sp.) par exemple[4] (fig. 16).

Bowmanites Dawsoni Will. (sp.). — Cette forme a été décrite pour la première fois par Williamson d'après

1. *Flore fossile d'Autun...*, p. 155, 156.
2. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 99.
3. *Ibid.*, p. 98, 99.
4. Le terme générique *Bowmanites*, créé par Binney, a servi à plusieurs auteurs pour désigner les fructifications de *Sphénophyllées* dont on ne connaissait pas l'appareil végétatif. — M. Seward lui a substitué dernièrement (*Fossil plants*, vol. I et II) le terme *Sphenophyllostachys*.

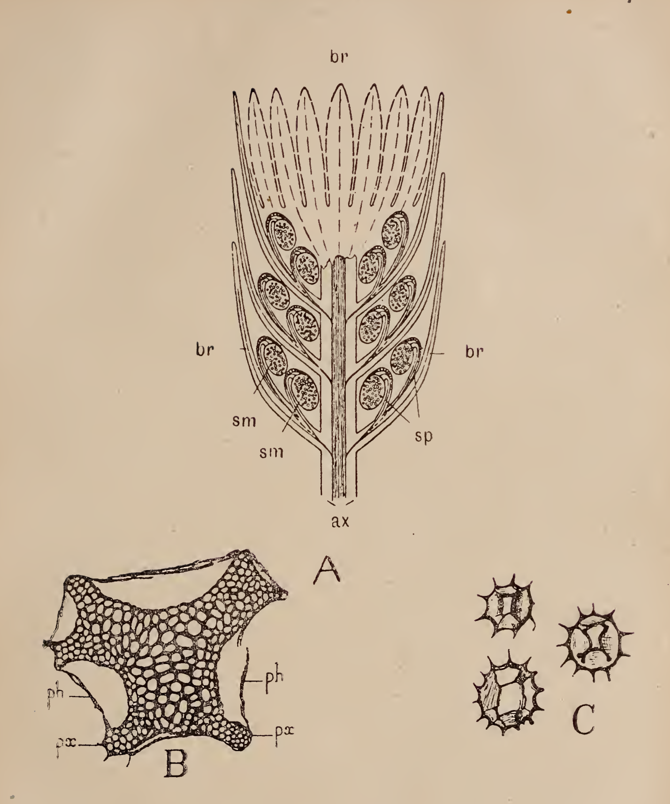


Fig. 16. — *Sphenophyllum Dawsoni.*

A. Coupe longitudinale schématique d'un strobile, montrant trois verticilles d'appendices. — *ax*, axe ; *br*, bractées ; *sp*, sporangiophores ; *sm.*, sporanges ; *br'*, verticille de bractées vues par leur face interne.
B. Masse ligneuse de l'axe, en coupe transversale. — *px*, pôles, au nombre de six ; *ph*, restes du liber.
C. Spores, montrant l'ornementation de leur surface (d'après Scott et Williamson).

des spécimens recueillis dans les « lower coal-measures » des environs d'Oldham [1].

L'axe des strobiles désignés sous ce nom a 2 ou 3 millimètres d'épaisseur, et les verticilles de bractées qui s'y insèrent sont distants les uns des autres d'environ 2 mm. 25. Dans chacun de ces verticilles, les bractées, au nombre de quatorze à vingt, sont coalescentes à leur base, durant 2 ou 3 millimètres environ, après quoi elles s'individualisent et se recourbent vers le haut, de façon à recouvrir plusieurs entre-nœuds successifs ; elles constituent donc une sorte d'entonnoir dont la partie supérieure a un diamètre de 4 à 6 millimètres. Chacune d'elles est étroite au moment où elle devient libre ; puis, peu après, elle s'élargit et s'épaissit, et finalement elle devient effilée au sommet.

Les sporanges sont pendants à l'extrémité de pédicelles, et leur nombre est généralement deux fois plus grand que celui des bractées correspondantes. Leurs pédicelles s'insèrent sur la face supérieure de ces dernières, près de l'axe, alors qu'elles sont encore soudées les unes aux autres. Ils sont de longueur inégale et se détachent à des distances variables de l'axe, ce qui avait fait croire à Williamson qu'ils étaient ordonnés suivant plusieurs cercles concentriques [2]. Ils demeurent d'abord assez rapprochés des bractées, puis ils se relèvent brusquement, se recourbent vers l'axe du strobile et se renflent légèrement à leur extrémité distale, sur laquelle s'insère un sporange ovoïde.

1. *On the organisation of the fossil plants of the coal-measures*, part. V et XVIII ; — *On the organisation of an undescribed verticillate strobilus...*, Mem. and. Proc. of the Manchester lit. and phil. Soc., 1871.

2. Cf. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 102.

Williamson a décrit un spécimen provenant d'Oldham, comme ceux dont il vient d'être question, et qu'il a considéré comme pouvant être un fragment de tige de *Bowmanites Dawsoni*. Il y a remarqué en effet un faisceau ligneux central semblable à celui qui existe dans l'axe fructifère de cette dernière espèce, mais il y a, en outre, également observé une zone de bois secondaire assez puissante. Cette zone n'était pas subdivisée en régions d'aspects différents, comme dans les tiges des *Sphenophyllum* ordinaires.

Quant à l'écorce de l'axe du *B. Dawsoni,* elle rappelle celle des jeunes tiges de *Sphenophyllum ;* on y remarque un certain nombre de petits faisceaux destinés aux sporophylles, et qui, avant d'entrer dans ces derniers, se comportent de la manière suivante :

Chacun d'eux se divise en trois autres, situés, l'un dans un plan inférieur, et les deux autres dans un plan supérieur. Le premier se prolonge jusqu'au sommet d'une bractée, tandis que les deux supérieurs alimentent les deux sporangiophores correspondants, et se terminent à la base des sporanges.

A l'extrémité distale de chaque sporangiophore, les cellules épidermiques augmentent graduellement de taille et il existe tous les passages entre elles et les grands éléments qui constituent la majeure partie de la paroi du sporange.

Ces derniers, dont les membranes latérales étaient renforcées par des sortes d'arcs-boutants, deviennent bien plus petits à l'extrémité distale de l'organe. C'est probablement dans cette région que s'effectuait la déhiscence, grâce aux grandes cellules, qui jouaient le même rôle que celles de l'anneau des Fougères.

La cavité du sporange est limitée à sa base par les cellules adjacentes du sporangiophore.

Les nombreuses spores qu'elle contient sont remarquables par leurs ornements ; ceux-ci constituent d'abord un réseau de côtes proéminentes, et, aux angles des mailles ainsi formées, sont insérées des sortes d'épines perpendiculaires à la surface des spores.

Certains auteurs ont prétendu que les *Sphenophyllum* possédaient deux catégories de sporanges, contenant les uns des macrospores, les autres, des microspores.

Diverses observations de M. Zeiller tendraient à démontrer le contraire [1].

Cependant, il peut arriver, chez ces plantes, qu'il y ait une certaine variation dans la taille des spores d'un même sporange [2]. Dernièrement, dans un strobile de *B. Dawsoni*, M. Thoday a constaté que cette variation allait de 90 à 120 μ de diamètre, et que celui des sporanges qui contenait les plus grandes spores contenait également d'autres spores, très petites, et probablement avortées. Ce phénomène serait pour lui l'indice d'une première tendance vers l'hétérosporie [3].

En outre, M. Zobel a décrit un spécimen de *Sphenophyllum verticillatum* Schloth., sp., provenant de Lititz, en Bohême, et qui lui a paru être manifestement hétérosporé [4].

1. *Etude sur la constitution de l'appareil fructificateur des Sphenophyllum*, Mém. Soc. géol. France : Paléontologie, nº 11, 1893.

2. Williamson et Scott, *loc. cit.*, p. 911.

3. Thoday, *On a suggestion of heterospory in Sph. Dawsoni*, The New Phytologist., vol. V.

4. Zobel, *in* Potonié, *Abbildungen u. Beschreibungen foss. Pflanzen*, Lief. VII (1910). — 138.

Dans ce spécimen, certaines capsules arrondies, nombreuses et pressées les unes contre les autres dans chaque verticille, semblent bien avoir été des microsporanges. Ces capsules mesurent environ 1/2 millimètre de diamètre [1], et contiennent des spores également arrondies et dépourvues d'ornements superficiels [2].

D'autres sporanges, de forme allongée, dont le plus grand diamètre mesure environ 1 millimètre, semblent avoir été disposés dans chaque verticille en nombre égal à celui des bractées sous-jacentes, et avoir constitué des macrosporanges [3]. Malheureusement M. Zobel n'a pas décrit les spores contenues à leur intérieur ; il serait cependant très intéressant de connaître les caractères fondamentaux de ces spores et de les comparer à ceux des « microspores ».

M. Zeiller a observé sur des épis de *Sphenophyllum* conservés en empreintes, et provenant les uns des mines d'Anzin, les autres des mines de l'Escarpelle (Nord) ou bien de la Belgique, un grand nombre de détails d'organisation qui coïncident absolument avec ceux que Williamson a signalés chez son *B. Dawsoni* [4]. Il y a constaté notamment la soudure des bractées à leurs bases, et l'existence de pédicelles portant chacun un sporange à son extrémité distale ; il a même pu étudier les grandes cellules à membranes épaissies qui constituaient la paroi des sporanges, et il a conclu de toutes ces observations que les épis en question étaient en tous points identiques à ceux du *B. Dawsoni*.

1. Zobel, *loc. cit.*, fig. 6 C.
2. *Ibid.*, fig. 6 B.
3. *Ibid.*, fig. 6 A (*a*), D, et fig. 7 (*a*).
4. Zeiller, *loc. cit.*, p. 13-21.

Et comme il a remarqué sur certains des rameaux qui portaient ces strobiles la présence de feuilles semblables à celles du *Sphenophyllum cuneifolium* Sternb. (sp.), var. *saxifragæfolium*, il en est arrivé à cette conclusion extrêmement intéressante que les épis désignés sous le nom de *B. Dawsoni* représentaient les fructifications du *Sph. cuneifolium*. Il importe de rappeler à ce propos qu'il a été recueilli des empreintes de *Sph. cuneifolium* dans diverses régions du bassin houiller du Lancashire, où ont été précisément récoltés les échantillons de *B. Dawsoni* décrits par Williamson [1].

M. Zeiller pense que les strobiles appelés *Bowmanites germanicus* Weiss et *B. cambrensis* Binney sont également des fructifications de *Sph. cuneifolium;* ils ont d'ailleurs été rencontrés dans le westphalien, étage dans lequel le *Sph. cuneifolium* est justement une des espèces les plus abondantes [2].

En tout cas, le même type de fructifications se retrouve, sauf quelques variations de détails, chez les *Sph. emarginatum* Brongn., *gracile* Crépin, *oblongifolium* Germar et Kaulfuss (sp.), *verticillatum* Schlotheim (sp.), etc. [3]. Dans un échantillon de *Sph. oblongifolium*, M. Zeiller a même pu étudier les spores, qu'il a trouvées analogues à celles du *B. Dawsoni,* figurées par Villiamson [4].

Les considérations qui précèdent s'appliquent à la grande forme de *B. Dawsoni* que M. Scott a appelée

1. Kidston, *Notes on some fossil plants from the Lancashire coal-measures,* Trans. Manchester geol. Soc., part XIII, vol. XXI, p. 6, 11, 13, 15, 22.
2. Zeiller, *loc. cit.*, p. 23, 24.
3. *Ibid.*, p. 24-36.
4. *Ibid.*, p. 28.

provisoirement *Sphenophyllum Dawsoni* α, et dont l'appareil végétatif est connu sous le nom de *Sph. cuneifolium ;* tandis que la forme plus petite (*Sph. Dawsoni* β de Scott), qui se distingue de la première par son faisceau ligneux étroit et *triarche*, semble correspondre aux tiges appelées *Sph. pluri-foliatum*, lesquelles pourraient elles-mêmes correspondre aux rameaux feuillés connus en empreintes sous le nom de *Sph. myriophyllum* [1].

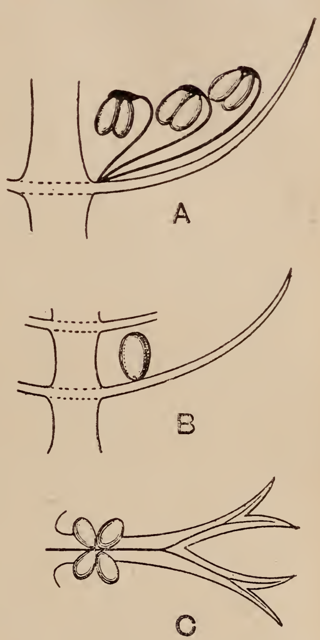


Fig. 17. — Fructifications de *Sphénophyllées*.

A. *Bowmanites Römeri* Solms-Laubach. — B. *Sphenophyllum trichomatosum* Stur. — C *Sphenophyllum majus* Bronn (d'après M. R. Kidston).

Bowmanites Römeri Solms. — Un autre type de fructifications a été décrit, il y a quelques années, par M. de Solms-Laubach [2], d'après un spécimen recueilli dans le terrain houiller de Cracovie (voir fig. 17, A). Ce spécimen, quoique très incomplet et dépourvu de son axe, a permis néanmoins de constater que les bractées

1. Scott, *Studies..*, p. 94, 100, 104.

2. *Bowmanites Römeri, eine neue Sphenophylleen-Fructification*, Jahrb. d. K. K. geol. Reichsanstalt, Vienne, 1895.

y étaient groupées en verticilles, dans chacun desquels elles étaient coalescentes à leur base, moins longuement toutefois que chez le *B. Dawsoni*. Chacune d'elles, devenue libre, se relevait vers le haut.

Quant aux sporangiophores, ils paraissent ordonnés suivant trois séries concentriques, sur chaque verticille de bractées. Ils se terminent tous par une sorte de disque, à la face interne duquel pendent deux sporanges au lieu d'un. La paroi de ces derniers montre plusieurs épaisseurs de cellules ; peut-être en était-il également ainsi chez le *Sph. Dawsoni* avant la fossilisation [1] ?

En tout cas, chaque sporange contenait un très grand nombre de spores, constituées exactement comme celles du *B. Dawsoni*.

Sphenophyllum fertile Scott. — M. Scott a décrit récemment un nouveau strobile de *Sphénophyllée* très différent des précédents [2] (voir fig. 18). Ce strobile était renfermé dans un nodule calcaire provenant de Shore-Littleborough (Lancashire), c'est-à-dire de couches géologiques rapportées aux « lower coal-measures ».

Son axe contenait un faisceau ligneux central rappelant beaucoup, par la forme de sa trace, celui de la tige du *Sph. plurifoliatum*. Deux des sommets de ce faisceau sont aigus, et le troisième est sensiblement obtus, mais indivis.

A sa périphérie on remarque une assez faible quantité de bois secondaire ; ce dernier est constitué, le long des côtés du bois primaire, par deux ou trois assises d'élé-

1. Scott, *Studies...*, p. 109, 110.

2. *On a new type of Sphenophyllaceous Cone* (Sphenophyllum fertile) *from the lower coal-measures*, Phil. trans. roy. Soc. London, vol. CXCVIII B, 1905, p. 17-36 ; pl. 3-5.

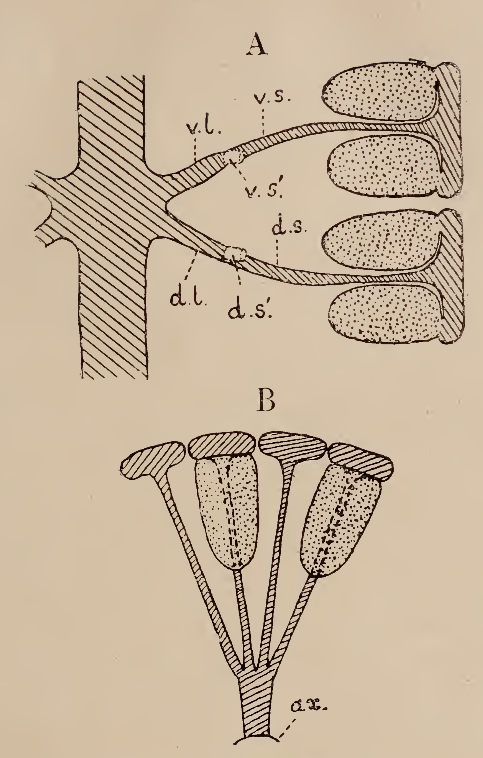


Fig. 18. — *Sphenophyllum fertile.*

A. Coupe longitudinale schématique d'une région nodale, montrant un sporophylle à droite de l'axe. — *v. l*, lobe ventral ; — *v. s.*, l'un des sporangiophores ventraux supportant deux sporanges ; — *v. s'*, base d'un autre sporangiophore ventral ; — *d. l*, *d. s*, *d. s'*, parties dorsales correspondantes.

B. L'un des lobes du sporophylle, vu comme dans une coupe transversale du strobile. — *ax*, axe de ce dernier. — Sur deux des sporangiophores qui constituent le lobe en question, on a figuré un sporange en place (d'après M. D. H. Scott).

ments assez grands, et, en face des pôles, par des vaisseaux très petits. Ceux-ci sont parfois au nombre de cinq dans une même série radiale.

Une telle structure rappelle tout à fait celle d'une jeune tige de *Sphenophyllum*.

Les sporophylles du *Sph. fertile* étaient verticillés et très légèrement coalescents à leur base, dans chaque verticille. Ils se subdivisaient près de l'axe en un lobe dorsal et un lobe ventral qui se subdivisaient eux-mêmes à leur extrémité en plusieurs segments, disposés dans un même plan et apparaissant quelquefois au nombre de quatre. Ces segments étaient autant de sporangiophores; ils se terminaient par un disque oblong, qui leur était perpendiculaire et sur la face interne duquel étaient insérés deux sporanges.

Ainsi, les régions dorsale et ventrale des sporophylles étaient semblables l'une à l'autre, *et toutes les deux fertiles :* ce dernier caractère suffit à distinguer le *Sph. fertile* de toutes les autres fructifications de *Sphenophyllum* connues.

Chaque sporangiophore possédait un faisceau unique, qui, lorsqu'il avait atteint le disque terminal, se divisait en deux branches, dont chacune allait se terminer à la base d'un des sporanges.

M. Scott a observé dans la paroi de ces derniers une seule assise de cellules, dont la plupart étaient renforcées par la présence d'arcs-boutants. En outre, à leur base, on remarque deux lobes proéminents qui ont dû servir à déterminer la déhiscence.

Celle-ci semble s'être effectuée le long d'une sorte de stomium constitué par de très petits éléments. Ce stomium, qui passait entre les deux groupes de grandes

cellules, partait de la base du sporange et s'étendait sur toute la longueur de ce dernier, du côté interne, c'est-à-dire du côté tourné vers le sporangiophore.

Les spores du *Sph. fertile* ont une forme ellipsoïdale, et sont contournées, dans le sens de leur grand axe, par un certain nombre de crêtes aiguës, parallèles entre elles.

Sphenophyllum majus Bronn (sp.). — Tous les strobiles que je viens de décrire ont été rencontrés dans un état de conservation tel que l'on a pu en étudier l'organisation anatomique d'une façon détaillée. D'autres, au contraire, ont été trouvés à l'état d'empreintes. Tel est le cas, par exemple, des fructifications de *Sphenophyllum majus* provenant des « midde coal-measures » des environs de Barnsley, en Angleterre [1] (voir fig. 17, C).

Dans ces dernières, les entre-nœuds ne sont pas raccourcis par rapport à ceux de la tige. Les bractées ressemblent aux feuilles ordinaires, c'est-à-dire qu'elles sont deux fois bifurquées à leur extrémité ; de plus, leur région distale ne se recourbe pas brusquement vers le haut, comme chez les *Bowmanites Dawsoni* et *Römeri*. Dans chaque verticille, elles sont légèrement coalescentes à leur base, de façon à former autour de l'axe une gaine étroite.

Quant aux sporanges, ils sont groupés par quatre, et semblent absolument sessiles. Chaque sore est situé sur la face ventrale d'une bractée, en dessous de sa première bifurcation.

Sphenophyllum trichomatosum Stur. — Les fructifica-

1. Voir à ce sujet : Kidston, *Carboniferous Lycopods and Sphenophylls*, Trans. nat. hist. Soc. Glasgow, vol. VI, part. I, 1899, p. 128, 129.

tions du *Sphenophyllum trichomatosum* (voir fig. 17, B) sont également connues à l'état d'empreintes, grâce aux recherches faites par M. Kidston [1].

On sait que, chez cette espèce, les feuilles sont au nombre de huit environ dans chaque verticille ; elles sont très étroites, uninerviées, et elles se bifurquent une ou deux fois.

Les sporanges semblent avoir été absolument sessiles ; chacun d'eux est situé isolément sur une bractée, près de son point d'insertion sur l'axe.

Sphenophyllum charæforme Jongmans. — M. Jongmans a décrit tout récemment [2] une nouvelle espèce de *Sphenophyllum* (*S. charæforme*) provenant de la veine Franziska, Hruschau, en Autriche, et caractérisée par ce fait que les parties fructifiées n'y étaient pas disposées en épis. Chez cette espèce, les bractées fertiles supportaient au moins 2 sporangiophores, à l'extrémité desquels pendait, semble-t-il, un sporange unique, comme chez le *S. cuneifolium* (*Bowmanites Dawsoni*).

II. — CHEIROSTROBÉES

Avant de rechercher les affinités des *Sphénophyllées*, il importe d'étudier la famille des *Cheirostrobées*, qui constitue avec elles l'alliance des *Sphénophyllalles*.

Cette famille comprend une seule espèce, qui a été

1. *On the fructification of* Sphenophyllum trichomatosum *Stur, from the Yorkshire coal-field*, Proc. roy. phys. Soc. Edinburgh, vol. XI, 1890-91, p. 56-62 ; — *Carboniferous* Lycopods *and* Sphenophylls (*loc. cit.*), p. 123, 124.

2. *Annalen des K.K. naturhist. Hofmuseums*, *Wien*, XXVI Bande, 1912, p. 449, 450, et pl. 6.

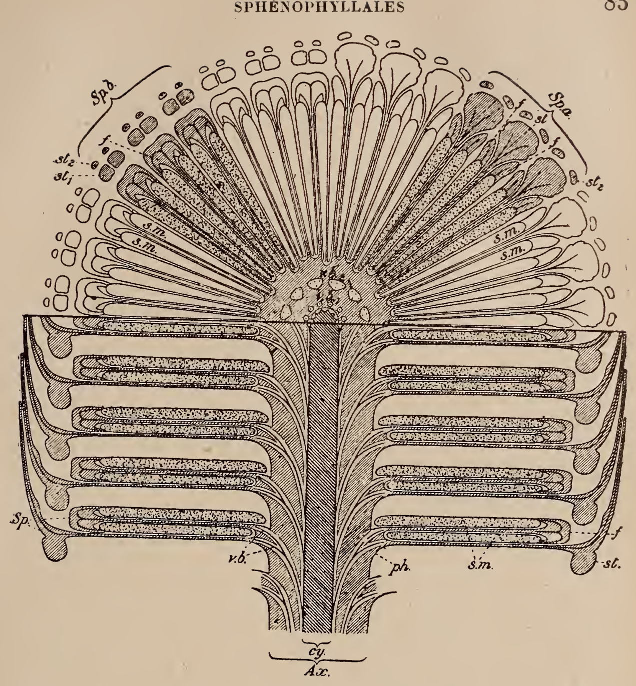


Fig. 19. — Diagramme montrant l'organisation du *Cheirostrobus pettycurensis :* dans sa partie supérieure, en coupe transversale ; dans sa partie inférieure, en coupe longitudinale radiale.

1° *Coupe transversale.* — On remarque six sporophylles complets avec chacun trois segments. *Sp.a*, segments stériles ; — *Sp.b*, sporangiophores ; — *st*, lame des segments stériles ; — st^1, excroissances dorsales des lames stériles, coupées transversalement ; — st^2, sommets des mêmes lames, également coupés transversalement ; — *f*, sporangiophores peltés ; — *sm*, sporanges ; — vb^1, vb^2, faisceaux ligneux de deux verticilles. — Dans la moitié droite, stérile, de la coupe, chaque sporangiophore pelté, *f*, est représenté par deux lobes distincts, séparés par la lame stérile correspondante.

2° *Coupe longitudinale.* — Les sporophylles qui, dans la réalité, sont étroitement appliqués les uns contre les autres, ont été séparés par d'assez grands intervalles, pour la clarté de la figure. *Ax*, axe du strobile ; — *cy*, sa masse ligneuse ; — *ph*, extrémité proximale d'un sporophylle ; — les autres lettres ont la même signification que dans la coupe transversale (d'après M. D. H. Scott).

découverte par M. Scott, et désignée sous le nom de *Cheirostrobus pettycurensis* [1] (voir fig. 19). Les quelques spécimens que l'on en connaît ont été recueillis dans la « calciferous sandstone series » de Pettycur, près de Burntisland, en Ecosse. L'un d'eux, qui renfermait la base d'un strobile et une portion de son pédoncule, était organisé de la manière suivante :

Les bractées y étaient groupées en verticilles, très rapprochés les uns des autres, puisque M. Scott en a compté quatorze sur une portion de l'axe longue d'environ 2 c m. 5 ; dans chacun de ces verticilles, elles étaient au nombre de douze, très légèrement soudées à leur base.

A environ 1 millimètre de distance de l'axe, chaque sporophylle se divisait en deux lobes situés l'un au-dessus de l'autre. Immédiatement après, chaque lobe se subdivisait, dans un plan horizontal, en trois segments disposés d'une manière palmée. Le sporophylle se trouvait ainsi décomposé normalement en six segments définitifs ; à la base du cône, toutefois, ce nombre pouvait être moindre. Chacun des trois segments supérieurs était fertile et constituait un sporangiophore. Il comprenait un pédicelle qui s'étendait horizontalement durant 1 centimètre environ, et se terminait par une sorte d'expansion très épaisse, sur la face interne de laquelle étaient insérés quatre sporanges très allongés et pourvus d'un pédicelle très court. Ces sporanges s'étendaient presque jusqu'à l'axe du strobile, parallèlement au pédicelle du sporangiophore, et devenaient progressivement effilés à leur extrémité distale.

1. *On* Cheirostrobus, *a new type of fossil cone from the lower carboniferous strata...*, Phil. trans. roy. Soc. London, vol. CLXXXIX B, 1897, p. 1-28.

Les trois segments inférieurs étaient stériles et comprenaient d'abord un long pédicelle étroit, comme les segments fertiles ; ce pédicelle commençait à s'élargir au-dessous de la lame terminale du sporangiophore correspondant, et s'épanouissait en une lame de forme très complexe, qui se recourbait vers le haut.

Cette lame portait, sur sa face inférieure, à l'endroit où elle se relevait, une paire d'appendices obtus, dirigés vers le bas, et qui recouvraient l'extrémité du sporangiophore sous-jacent. A son sommet, elle se subdivisait en deux segments plus allongés et plus étroits que les deux appendices précédents, et qui se prolongeaient verticalement durant plusieurs entre-nœuds.

L'axe du strobile ainsi constitué montre, sur les coupes transversales, un faisceau ligneux central dodécarche, dépourvu de moelle, mais entremêlé de cellules parenchymateuses dans sa partie interne. Ce faisceau a la forme d'une étoile à douze branches assez proéminentes ; en dehors de ses douze pôles initiaux, il semble bien qu'il se soit formé quelques vaisseaux, avant que le développement soit devenu vraiment centripète. Les pôles seraient donc subterminaux, et l'on aurait affaire à une structure « mésarche », comme chez le *Sphenophyllum insigne*, qui provient d'ailleurs des mêmes couches géologiques que le *C. pettycurensis*.

Les douze côtes longitudinales du faisceau ligneux de ce dernier se prolongent à travers les nœuds successifs, sans s'anastomoser entre elles. C'est sur ces côtes que s'insèrent les faisceaux destinés aux sporophylles. Ces derniers s'élèvent dans l'écorce de l'axe et y séjournent parfois durant plus de deux entre-nœuds, si bien que, sur une même coupe transversale, on peut observer les

traces de faisceaux destinés à deux ou trois verticilles différents de sporophylles. Chacun d'eux se subdivise en trois autres, situés dans le même plan transversal, quand il a parcouru environ un tiers de l'épaisseur de l'écorce. Ces trois branches peuvent ne pas se former simultanément : il arrive en effet qu'une des deux latérales est émise avant l'autre. En tout cas, elles s'éloignent progressivement l'une de l'autre, et la médiane, quand elle est arrivée dans la région moyenne de l'écorce, se divise dans un plan perpendiculaire à celui dans lequel elle s'était divisée la première fois. Le quatrième faisceau ainsi obtenu se divise à son tour en trois autres, de la même manière que l'avait fait précédemment le faisceau initial. On a ainsi, à la base des sporophylles, six faisceaux, dont les trois inférieurs se dirigent dans les segments stériles, et dont les trois supérieurs alimentent les sporangiophores.

Chacun de ceux-ci se divise, en entrant dans la lame terminale du sporangiophore, en quatre branches qui se recourbent brusquement en arrière et se terminent à la base des sporanges.

Quant aux faisceaux des segments stériles, ils se bifurquent à un certain moment, et leurs subdivisions se prolongent dans les ramifications terminales de ces segments.

La paroi des sporanges montre une seule assise de cellules très allongées dans le sens du grand axe de ces derniers. Ces cellules sont renforcées par des arcs-boutants disposés à angle droit sur toute l'étendue de leurs membranes radiales.

Les spores semblent être toutes de la même nature, comme chez les *Sphenophyllum*.

Williamson a décrit jadis, comme se rapportant au genre *Lepidostrobus* [1], un spécimen qui semble avoir été en réalité un fragment de pédoncule détaché d'un strobile de *Cheirostrobus pettycurensis*.

Son organisation est à peu près la même que celle de l'axe fructifère de cette dernière espèce. Toutefois, le nombre des angles de son faisceau ligneux central peut varier de neuf à douze ; et, en outre, il possède un certain nombre d'assises de bois secondaire, nombre qui varie suivant les niveaux considérés. C'est ainsi que M. Scott en a compté six sur les coupes où la trace du bois primaire était pourvue de douze angles, tandis qu'il en a observé jusqu'à dix dans certaines autres préparations. Il présume que ce nombre devait diminuer de bas en haut, à mesure que celui des angles du bois primaire augmentait. Dans le premier échantillon de *Cheirostrobus* étudié par M. Scott, en effet, l'axe ne possédait pas du tout de bois secondaire, et le bois primaire était dodécarche ; dans un autre spécimen, découvert postérieurement, l'axe en possédait, mais en très faible quantité.

M. Scott a remarqué dans une préparation intéressant la base du cône qu'il a décrit en 1897 la trace d'un organe coupé à peu près radialement, et qui lui a paru être une sorte de tige ramifiée [2]. Il y a observé une zone très nette de bois secondaire, et un parenchyme cortical pourvu de sacs sécréteurs, comme celui de l'axe du *Cheirostrobus pettycurensis*. Il présume que l'on

1. *On the organisation of the fossil plants of the coal-measures*, part. III, p. 297.

2. *On* Cheirostrobus... (*loc. cit.*), p. 19.

pourrait avoir là un fragment de l'appareil végétatif de cette espèce.

III. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

En résumé, on peut dire que, chez les *Sphénophyllales*, les sporanges sont presque toujours insérés, d'une manière plus ou moins compliquée, sur la face ventrale des sporophylles, quelquefois directement (*Sph. trichomatosum* et *majus*), mais généralement par l'intermédiaire de sporangiophores.

Dans ce dernier cas, chaque sporangiophore peut supporter à son extrémité distale un (*Bowm. Dawsoni*), deux (*Bowm. Römeri*) ou quatre sporanges (*Cheirostrobus pettycurensis*).

Chez le *Sph. fertile* enfin, *les régions ventrale et dorsale des sporophylles sont toutes les deux fertiles*. Cette espèce semble ainsi tout à fait aberrante.

Néanmoins, elle n'est pas sans rappeler le *C. pettycurensis* à certains égards. Chez ce dernier, en effet, les sporophylles, très légèrement connés à leur base, se subdivisent de la même manière que chez le *Sph. fertile*.

M. Scott présume que ce *Sphenophyllum* si particulier n'est point une forme primitive, mais plutôt une forme modifiée ; selon lui, il proviendrait de quelque type comparable au *Cheirostrobus*, et dans lequel la différence entre les bractées et les sporangiophores aurait été moindre que chez les *Bowm. Dawsoni* et *Römeri*[1].

1. D. H. Scott, *On* Sphenophyllum fertile... (*loc. cit.*), p. 33-36.

Quant au *Cheirostrobus*, par l'organisation de ses sporangiophores, le mode de groupement de ses sporanges, la structure histologique de ces derniers..., il rappelle tout à fait les *Calamostachys*. D'ailleurs, les *Sphénophyllales*, considérées dans leur ensemble, sont comparables aux *Equisétales* à beaucoup de points de vue, notamment en raison de leurs tiges articulées et de leurs feuilles verticillées. Dans le genre *Asterocalamites*, qui comprend les plus anciennes formes d'*Equisétales* connues, on sait que, dans les divers verticilles successifs, les feuilles sont superposées les unes aux autres, comme chez les *Sphénophyllales*, et qu'elles se dichotomisent un certain nombre de fois.

D'après cela, et aussi d'après certaines considérations anatomiques, M. Scott admet que les nombreuses feuilles qui constituent les verticilles des *Equisétales* ordinaires doivent provenir d'un nombre moindre de feuilles initiales, lesquelles auraient été à l'origine composées ou très profondément découpées[1]. Dans ce cas, elles seraient équivalentes au point de vue morphologique à celles des *Sphénophyllées* telles que le *Sph. myriophyllum*, par exemple.

Le faisceau ligneux central de l'axe du *Cheirostrobus pettycurensis* rappelle, par la forme de sa trace, celui que l'on observe dans la tige des *Lepidodendron* à bois primaire plein, tels que le *L. selaginoides*.

Ce faisceau diffère beaucoup, à première vue, de celui des tiges de *Sphenophyllum*.

Psilotales. — Mais, si l'on considère l'appareil végétatif des *Psilotacées*, on constate que, chez le *Psilotum*

1. Scott, *Studies...*, (*loc. cit.*), p. 620.

triquetrum, par exemple, à un niveau assez peu élevé de la tige aérienne, il existe un faisceau ligneux triarche, dont la trace ressemble beaucoup à celle du bois primaire de la tige des *Sphenophyllum* ordinaires.

Quand on s'élève au delà de ce niveau, le nombre des pôles du faisceau augmente progressivement, et, à un certain moment, il devient hexarche comme celui que l'on trouve dans l'axe du *Bowm. Dawsoni.*

Il se complique davantage encore dans les régions supérieures de la tige aérienne, où il peut devenir octarche. Par sa forme étoilée et son assez grand nombre de pôles, il fait alors penser à celui de l'axe du *Cheirostrobus*. Il est vrai que sa région centrale est occupée par un pilier de sclérenchyme ; mais on sait que, dans le bois primaire du *Cheirostrobus*, les vaisseaux les plus centraux, au lieu d'être exactement juxtaposés les uns aux autres, sont entremêlés de cellules parenchymateuses, qui semblent représenter un rudiment de moelle.

En outre, ce bois primaire paraît avoir une structure mésarche. Mais il en est de même dans la tige aérienne des *Tmesipteris*, et peut-être aussi, quelquefois, dans la partie inférieure de celle du *Psilotum triquetrum* [1].

Il importe enfin de rappeler que M. Boodle a signalé la présence d'une faible quantité de bois secondaire à la base de la tige aérienne du *Psilotum triquetrum*, ainsi que dans les portions adjacentes du rhizome chez des individus très âgés [2].

Au point de vue anatomique, il n'y a donc pas de

1. Boodle, *On the occurrence of secondary xylem in Psilotum*, Ann. of Bot., vol. XVIII, n° 71, 1904, p. 514, 515.
2. *Ibid.*, p. 507 et suivantes.

différences irréductibles entre les *Psilotalès* et les *Sphénophyllales*, non plus qu'entre les divers genres qui constituent ces deux groupes.

Si l'on considère maintenant les fructifications des *Tmesipteris*, on constate que, chez ces plantes, chaque sporangiophore présente avec la bractée sous-jacente des rapports morphologiques analogues à ceux qui existent entre les mêmes organes chez les *Sphénophyllées*. Le faisceau qui entre dans le sporophylle se subdivise en effet en trois autres, situés dans deux plans différents, de façon que les deux inférieurs se prolongent dans les deux ramifications de la bractée, tandis que le supérieur alimente le pédicelle du synangium, et se termine dans le septum qui sépare les deux loges de ce dernier.

Un certain nombre de variations constatées par M. Thomas [1] ont d'ailleurs permis de rapprocher d'une façon plus étroite encore les *Sphénophyllales* des *Tmesipteris* et des *Psilotum*.

Dans certains spécimens de *Tmesipteris*, cet auteur a constaté en effet que les sporanges constituant chaque synangium étaient suspendus à l'extrémité d'un pédicelle assez allongé, de façon à rappeler ce qui a lieu chez le *Bowm. Römeri*.

D'autres fois, il a observé des sporophylles bifurqués deux ou trois fois et pourvus d'un synangium à l'angle de chaque dichotomie.

Ces modifications, qui peuvent se retrouver également chez le *Psilotum triquetrum*, ne sont nullement des monstruosités, car elles se produisent dans les

1. *The affinity of* Tmesipteris *with the* Sphenophyllales, Proc. roy. Soc., vol. LXIX, 1902.

conditions les plus favorables, et avec une extrême fréquence. M. Thomas relate que, sur certaines tiges, c'étaient la majorité des sporophylles qui étaient ainsi bifurqués plus d'une fois ; sur un seul individu, il en a trouvé 150 dans ce cas[1].

Il compare les sporophylles ainsi organisés à ceux du *Cheirostrobus pettycurensis*. En réalité, ces sporophylles se rapprochent davantage de ceux du *Sph. majus*, qui sont dichotomisés. Il est vrai que chez cette espèce, chaque sore comprend quatre sporanges, tandis que, chez le *Tmesipteris tannensis*, il n'en comprend normalement que deux.

Toutefois, ce nombre est susceptible de varier. Il peut se ramener à un par suite de l'avortement d'une des deux loges du synangium, ou même à zéro. D'autres fois, au contraire, sous l'influence d'une nutrition surabondante, il peut s'élever jusqu'à trois[2].

Chez le *Psilotum triquetrum*, le nombre des loges de chaque synangium, que l'on a vu quelquefois se réduire de trois à deux, par suite d'un arrêt dans le développement de l'une d'elles, peut aussi s'élever de trois à cinq, ou bien de trois à quatre[3], et être alors égal à celui des sporanges qui constituent les sores du *Sph. majus*.

Ainsi, malgré les différences que l'on pourrait signaler entre les *Psilotales* et les *Sphénophyllales*, notamment au point de vue de la ramification des tiges et de

1. *Lettre à M. Scott*, citée dans *The present position of the Palæozoic Botany*, in Lotsy's Progressus Rei Botanicæ, Erster Band, Erstes Heft, 1907, p. 165.

2. Thomas, *The affinity of* Tmesipteris *with the* Sphenophyllales (*loc. cit.*).

3. Solms-Laubach, *Ann. jardin bot. Buitenzorg*, t. IV, p. 174.



Fig. 20. — *Pseudobornia ursina* Nathorst (d'après M. Nathorst).

la disposition des feuilles, on peut dire qu'il existe de grandes affinités entre ces deux alliances, que M. Scott range dans son groupe des *Sphenopsida*[1], avec les *Equisétales* et les *Pseudoborniales* de M. Nathorst[2].

Pseudoborniales. — Ces dernières sont représentées par une seule espèce, le *Pseudobornia ursina* Nath., qui a été rencontré, sous la forme d'empreintes, exclusivement dans le dévonien supérieur de l'île des Ours (voir fig. 20).

Les tiges de cette espèce, dont certains spécimens avaient été désignés sous le nom de *Calamites radiatus* par Heer, sont articulées et ramifiées. Les plus grosses d'entre elles semblent avoir été rampantes et avoir constitué des sortes de rhizomes ; sur les empreintes, elles ont jusqu'à 10 centimètres de diamètre. Elles semblent n'être pas devenues creuses, à l'état adulte, comme les tiges des *Equisétales*.

Elles diffèrent encore de ces dernières en ce que leur surface est dépourvue de sillons longitudinaux.

Pour toutes ces raisons, elles rappellent davantage les tiges des *Sphénophyllales* que celles des *Equisétales*.

Elles ne paraissent pas avoir possédé beaucoup de sclérenchyme dans leur écorce, car, dans leurs empreintes, l'épaisseur de la houille est toujours très faible.

1. Scott, *Studies...* (*loc. cit.*), p. 616.

2. Voir au sujet de ce dernier groupe : Nathorst, *Ueber die oberdevonische Flora* (*die « Ursaflora »*) *der Bären Insel*, Bull. of the geol. instit. of Upsala, nº 8, vol. IV, part. II, 1899, p. 3-5 ; — *Zur oberdevonischen Flora der Bären Insel*, Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar, Bandet 36, nº 3, 1902, p. 24-28.

Elles doivent s'être ramifiées de façon à ne porter que deux branches à chaque nœud.

Leurs feuilles, dont certains échantillons avaient été classés dans le genre *Cardiopteris* par Heer, puis dans le genre *Sphenopteridium* par M. Nathorst, ont, à première vue, l'aspect de feuilles de Fougères. Elles sont verticillées et réunies au nombre de quatre dans chaque verticille. Elles sont, en outre, brièvement pétiolées, et subdivisées en un certain nombre de folioles, disposées en éventail, grâce à plusieurs dichotomies répétées.

Chaque penne ainsi formée se subdivise elle-même, d'une manière pinnatifide, en un grand nombre de segments assez ténus.

La nervation est trop obscure pour qu'on puisse la décrire avec quelque précision.

Les fructifications sont disposées en épis qui ont jusqu'à 32 centimètres de long. Les entre-nœuds de ces épis sont très courts, leur longueur variant de 8 à 12 millimètres environ.

Il semble que chaque sporophylle ait porté un sporange à sa partie inférieure, mais les détails manquent sur le mode d'insertion de ce dernier.

Dans un sporange, M. Nathorst a cru constater la présence de macrospores [1].

Il a également observé sur presque tous les nœuds des tiges, et même dans d'autres régions de celles-ci, des appendices très étranges qui pourraient avoir été des sortes d'épiphytes. Ces appendices, connus sous le nom de *Codonophyton*, sont de nature énigmatique

1. *Loc. cit.*, p. 27, et pl. 10, fig. 2.

jusqu'à nouvel ordre. Leur détermination précise permettrait sans doute de mieux connaître la morphologie du *Pseudobornia ursina.*

En tout cas, d'après les documents qu'il a pu rassembler, M. Nathorst considère cette espèce comme le type d'un groupe tout à fait spécial, lequel groupe présente des affinités manifestes avec les *Sphénophyllales*, d'une part, et, d'autre part, avec les *Equisétales* les plus anciennes, c'est-à-dire avec les *Asterocalamites.*

D'après tout ce qui précède, il est clair que les *Sphénophyllales* constituent un groupe synthétique parfaitement autonome, et que, au point de vue phylogénétique, elles se rattachent d'une manière plus ou moins étroite à divers autres groupes (*Pseudoborniales, Equisétales, Psilotales, Lycopodiales*).

Elles sont d'ailleurs très anciennes, puisque l'un de leurs représentants, le *Sphenophyllum vetustum* Newberry, a été rencontré aux Etats-Unis dès la base du dévonien moyen [1]. En Europe, elles semblent avoir existé seulement durant l'ère carboniférienne, principalement aux époques westphalienne et stéphanienne. Elles disparaissent complètement dans l'étage permien. Toutefois, le niveau géologique où le *Sphenophyllum speciosum* a été découvert, dans l'Inde, semble appartenir à la base du trias.

1. Newberry, *Devonian plants from Ohio*, Journal Cincinnati Soc. nat. hist., t. XII, 1889, p. 48.

LYCOPODIALES

LYCOPODIALES ARBORESCENTES

CHAPITRE Ier

Lepidodendron *Sternb.* et Lepidophloios *Sternb.*

On sait que l'alliance des *Lycopodiales* est exclusivement représentée aujourd'hui par des individus de petite taille.

Aux temps paléozoïques, il n'en était pas ainsi : outre certaines formes herbacées, elle comprenait un grand nombre de plantes dont la taille pouvait atteindre celle de beaucoup de nos arbres actuels : tels étaient par exemple les représentants du genre *Lepidodendron*.

I. — LEPIDODENDRON

Ce genre, dont on connaît un grand nombre d'espèces, a atteint son maximum d'importance durant l'époque carboniférienne. C'est dans l'étage dévonien que l'on commence à le rencontrer, et il semble avoir disparu au cours de l'ère permienne.

Morphologie externe. — Les individus qui le consti-

tuaient atteignaient souvent plus de 30 mètres de hauteur. Leurs organes souterrains, que l'on ne saurait distinguer de ceux des *Sigillaria*, ont été classés à l'origine dans un genre à part, le genre *Stigmaria* Brongniart.

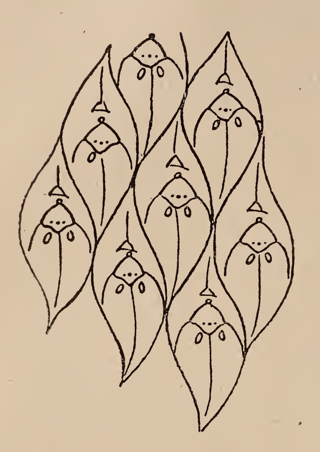


Fig. 21. — *Lepidodendron aculeatum* : coussinets foliaires (d'après M. R. Kidston).

Quant à leur partie aérienne, elle comprenait une tige principale, qui s'élevait verticalement jusqu'à une grande hauteur, et se ramifiait d'une manière dichotome. Dans certains cas, les deux branches provenant d'une dichotomie étaient égales entre elles. Très souvent, cependant, elles étaient inégales et la plus petite apparaissait par rapport à la plus importante comme une branche latérale.

La tige principale pouvait porter également des rameaux insérés sur elle d'une manière sympodique, et qui, d'après M. Renier, étaient destinés à lui assurer la vitalité nécessaire durant sa période de croissance en hauteur et en diamètre [1]. Ce sont ces rameaux dont la chute a permis de remarquer sur certains échantillons (*Ulodendron, Halonia*), les cicatrices particulières dont il sera question plus loin.

1. Armand Renier, *l'Origine raméale des cicatrices ulodendroïdes*, Ann. Soc. géol. Belgique, t. II, 1910, p. 17.

Tous les rameaux aériens des *Lepidodendron* étaient couverts dans leur jeune âge par des feuilles très nombreuses ordonnées d'une manière spiralée, et souvent presque adjacentes les unes aux autres. Chez les individus adultes, la tige principale et les branches les plus âgées étaient dépouillées de leurs feuilles, et il ne restait à

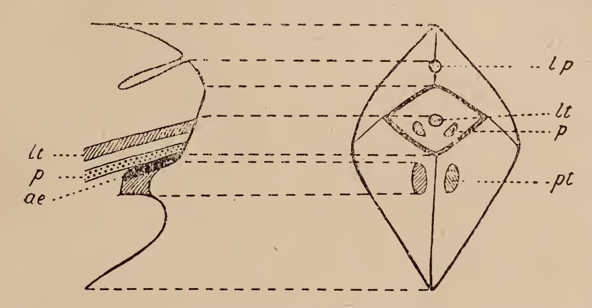


Fig. 22. — Schéma montrant un coussinet foliaire de *Lepidodendron* :

1° A droite, vu superficiellement ; — 2° à gauche, en coupe longitudinale ; *lp*, fossette ligulaire ; — *lt*, trace foliaire ; — *p*, parichnos ; — *pt*, parenchyme lacuneux situé en dessous de la cicatrice foliaire (d'après M. F. E. Weiss).

leur surface que les bases extrêmes de ces dernières, lesquelles dessinent sur les empreintes des figures assez compliquées (voir fig. 21) : c'est principalement d'après la forme et la disposition relative de ces figures que l'on a classé les tiges lépidodendroïdes.

Chacune de ces bases foliaires a un contour sensiblement rhomboïdal et constitue un tronc de pyramide très aplati (voir fig. 22). Le sommet de ce dernier représente la surface suivant laquelle la feuille s'est détachée, c'est-à-dire la cicatrice foliaire proprement dite ; il est

situé dans la région supérieure de l'ensemble du coussinet foliaire, dont il occupe seulement une portion assez faible.

Immédiatement au-dessus de lui, on observe une petite dépression ponctiforme qui marque la place occupée jadis par une ligule.

Dans sa partie inférieure, il possède lui-même trois cicatrices ponctiformes, situées à peu près sur une même ligne horizontale et dont la médiane a été laissée par un faisceau libéro-ligneux. Quant aux deux latérales, elles représentent les traces de deux cordons de parenchyme qui sont nettement distincts des tissus environnants, sur les coupes transversales des feuilles à structure conservée. C'est ce tissu spécial que M. C. Eg. Bertrand a désigné sous le nom de « parichnos » [1]. Ces deux cordons proviennent d'un massif initial unique, qui se bifurquait tout près de la surface externe de la tige à laquelle il appartenait.

Il existe enfin, au-dessous de la cicatrice foliaire, deux dépressions arrondies et assez grandes, qui correspondent, d'après M. Weiss, chez certaines espèces tout au moins, à deux groupes de parenchyme lacuneux. Ces deux groupes, constitués par des cellules étoilées, étaient en connexion avec les deux cordons de parichnos, et probablement recouverts par un épiderme pourvu de nombreux stomates. C'est sans doute la disparition de cet épiderme qui en les mettant à nu a permis de les reconnaître sur les empreintes [2].

1. *Remarques sur le* Lepidodendron Harcourtii, Trav. et Mém. univ. Lille, vol. II, mém. 6, 1891, p. 84.

2. Weiss, *The Parichnos in* Lepidodendraceæ, Mem. and Proc. Manchester lit. and phil. Soc., vol. LI, part. II, 1907.

M. Seward a figuré [1] un coussinet foliaire de *Lepidodendron aculeatum*, dans lequel les deux dépressions en question étaient recouvertes par deux coquilles de *Spirorbis ;* il se pourrait que ces animaux eussent été attirés là par des dégagements de gaz provenant du tissu lacuneux sous-jacent [2].

Les considérations précédentes s'appliquent aux tiges de *Lepidodendron* qui n'ont pas été endommagées avant la fossilisation.

Bergeria. — Quand, au contraire, ces tiges ont été dépouillées d'un certain nombre de leurs assises corticales externes, on ne discerne naturellement plus de coussinets foliaires sur leurs empreintes. Toutefois, la surface de ces dernières peut être encore subdivisée en mailles, dont chacune correspond à une feuille et montre à son intérieur la trace d'un faisceau foliaire et celle d'un cordon indivis de parichnos. C'est pour de tels échantillons que Sternberg avait créé son genre *Bergeria*.

Aspidiaria. — Les gaines corticales ainsi détachées ont pu être également fossilisées, et ce sont des empreintes de leurs faces internes qui ont été désignées par Presl sous le nom générique d'*Aspidiaria.*

Knorria. — Quant aux spécimens qui ont été classés dans le genre *Knorria* Sternberg, ils représentent les moules internes de tiges lépidodendroïdes dépouillées au préalable d'une couche d'écorce assez épaisse pour qu'on ne reconnaisse plus à leur surface aucun indice des coussinets foliaires. On remarque seulement, à la place de ceux-ci, des côtes plus ou moins allongées,

1. Seward, *Fossil plants*, vol. II, 1910, fig. 146 E.
2. *Ibid.*, p. 103.

quelquefois bifurquées, qui représentent les moulages des faisceaux foliaires et des cordons de parichnos, dont les tissus ont disparu. Il existe tous les passages entre les diverses manières d'être qui viennent d'être signalées.

B. Renault a précisément décrit, sous le nom de *Knorria mirabilis*, un échantillon très intéressant qui se trouve inégalement décortiqué suivant les régions considérées [1]. A certains endroits, on observe sur cet échantillon une couche d'argile qui recouvre le cylindre ligneux, et à la surface de laquelle sont indiqués les moulages de nombreux faisceaux foliaires. Ailleurs on remarque une couche de houille, épaisse d'environ 2 millimètres, et qui provient de la transformation de tissus corticaux d'origine secondaire. A d'autres endroits enfin, il existe une couche de houille plus épaisse que la précédente, et qui montre à sa surface des indices de coussinets foliaires très nets.

Lepidophloios. — Le genre *Lepidophloios* Sternberg, étroitement allié au genre *Lepidodendron*, dont on ne saurait le distinguer au point de vue anatomique, comprend des tiges lépidodendroïdes non décortiquées, dont les coussinets foliaires présentent une organisation spéciale [2].

Ces derniers sont imbriqués, très proéminents et presque toujours plus allongés dans le sens horizontal

1. *Flore fossile du terrain houiller de Commentry*, p. 520-522, et pl. 60, fig. 1.

2 Voir notamment, au sujet du genre *Lepidophloios* : Kidston, *On* Lepidophloios, *and on the british species of the genus*, Trans. roy. Soc. Edinburgh, vol. XXXVII, part. III, 1894, p. 529-562, et pl. I, II ; — *Carboniferous Lycopods and Sphenophylls*, Trans. nat. hist. Soc. of Glasgow, vol. VI, part I, 1899-1900, p. 53-61.

que dans le sens vertical, contrairement à ce qui a lieu chez les *Lepidodendron*. En outre, chaque cicatrice foliaire, qui est également allongée dans le sens horizontal, se trouve située au sommet du coussinet correspondant, du moins chez les individus jeunes. A son intérieur, on observe trois ponctuations dont la médiane représente la trace du faisceau libéro-ligneux, et les deux autres celles des cordons de parichnos. Un peu au-dessus d'elle enfin, on a remarqué quelquefois l'emplacement d'une ligule.

Ulodendron. — Les tiges lépidodendroïdes, ainsi que celles des *Bothrodendron* et des *Sigillaria* [1], dont il sera question plus loin, possèdent quelquefois à leur surface de grandes dépressions arrondies, ordonnées suivant deux séries longitudinales diamétralement opposées et alternant d'une série à une autre.

Les échantillons ainsi constitués ont été classés à l'origine dans un genre à part, le genre *Ulodendron* Lindley et Hutton. Chacune de leurs cicatrices constitue une dépression, à l'intérieur de laquelle on remarque, dans une position centrale ou excentrique, une sorte d'ombilic, représentant la trace du cylindre ligneux d'un appendice latéral, sur la nature morphologique duquel on a beaucoup discuté.

En outre, à la surface de la dépression, on observe fréquemment des côtes rayonnantes au-dessus du cylindre ligneux, et, en dessous de ce dernier, des ponctuations disposées d'une manière spiralée. Quelquefois

1. Cf. Kidston, *On the relationship of* Ulodendron *Lindley and Hutton, to* Lepidodendron *Sternberg*, Bothrodendron *Lindley and Hutton*, Sigillaria *Brongniart and* Rhytidodendron *Boulay*, Ann. and Mag. nat. hist., vol. XVI, p. 123.

même, on y distingue des coussinets foliaires, semblables à ceux qui recouvrent le reste de la tige.

On a émis diverses hypothèses au sujet de ces cicatrices. On a prétendu notamment qu'elles étaient dues à la pression exercée sur la tige par des strobiles presque sessiles, dont les points d'insertion seraient représentés par les ombilics signalés précédemment.

Mais M. Watson a observé, à l'intérieur d'une cicatrice ulodendroïde se rapportant probablement au *Bothrodendron punctatum*, un ombilic constitué par un assez long appendice cylindrique creux, lequel s'adapte exactement au sommet d'un cône assez proéminent, visible sur la contre-empreinte du même échantillon [1]. L'examen de ce cône, qui constitue le moule interne de la cicatrice, lui a permis de constater que de nombreux faisceaux ligneux étaient émis par l'appendice cylindrique et correspondaient, d'après leur taille et leur disposition relative, aux ponctuations que l'on observe souvent, dans certaines régions, à la surface des dépressions ulodendroïdes. Le cylindre creux représenterait alors un fragment de l'anneau ligneux d'une branche latérale, auquel cas les petits faisceaux du cône seraient des traces foliaires ayant appartenu à la même branche.

Ceci expliquerait le fait que les cicatrices ulodendroïdes possèdent des ponctuations dans toute leur étendue, lorsque l'ombilic y occupe une position centrale, alors qu'elles en possèdent seulement dans leur région inférieure lorsque l'ombilic est situé plus bas que leur centre de figure. Dans ce dernier cas, on com-

1. Watson, *On the ulodendroid scar*, Mem. and Proc. Manchester lit. and phil. Soc., vol. LII, part. I, 1908.

prendrait aisément que les faisceaux foliaires situés au-dessus de l'ombilic, étant observés en coupes très obliques, sinon en coupes longitudinales, eussent dessiné à la surface des cicatrices, non plus des ponctuations, mais des stries [1].

D'après M. Watson, le rebord plus ou moins proéminent que l'on remarque fréquemment à la périphérie des cicatrices ulodendroïdes représenterait un fragment d'écorce externe ayant appartenu à la branche latérale qui s'insérait jadis sur la cicatrice considérée [2].

L'hypothèse de M. Watson permettrait également d'expliquer la présence de coussinets foliaires à la surface de certaines dépressions ulodendroïdes : pour cela, il suffirait en effet de supposer que des lambeaux de l'écorce externe qui recouvrait les rameaux correspondant à ces dépressions eussent été aplatis sur elles. A l'origine, les coussinets en question auraient ainsi appartenu à des branches latérales détachées, et non pas aux branches principales sur lesquelles on les observe maintenant [3].

En résumé, d'après ce qui précède, les cicatrices ulodendroïdes représenteraient les surfaces d'insertion de rameaux, dont il ne resterait plus sur les empreintes que des indices du cylindre ligneux central, des faisceaux foliaires, et quelquefois de la portion la plus externe de l'écorce. L'origine raméale de ces cicatrices est rendue très plausible par le fait que certains *Lepidodendron*, tels que les *L. selaginoides* et *Hickii*, portaient des branches

1. Watson, *loc. cit.*, p. 6.
2. *Ibid.*
3. *Ibid*, p. 10.

disposées précisément suivant deux séries longitudinales opposées, et surtout par des observations très intéressantes faites par M. Renier [1].

Ce dernier a décrit un échantillon, rencontré aux environs de Liége, dans des couches géologiques rapportées à la partie moyenne du westphalien, et sur l'une des faces duquel il existait une cicatrice ulodendroïde saillante.

Cette cicatrice, dont le contour était elliptique, possédait à son intérieur un ombilic excentrique, et était encadrée par une lame charbonneuse mince, provenant de la transformation d'un fragment de cuticule. En outre, le moulage de la cuticule dans la roche montrait des cicatrices foliaires constituées comme celles des tiges âgées du *Bothrodendron punctatum*.

Sur l'autre face du même échantillon, M. Renier a observé un rameau encore pourvu par endroits de sa cuticule, laquelle montre des cicatrices foliaires caractéristiques des branches adultes du *Bothrodendron punctatum*.

Ce rameau se dichotomisait à environ 10 centimètres de sa base, et l'une de ses branches, que M. Renier a pu suivre durant 20 centimètres environ, semblait se subdiviser également. Enfin, sa cuticule se raccordait à celle qui, sur la face de l'échantillon considérée en premier lieu, encadrait la cicatrice ulodendroïde. C'est donc sur cette dernière que s'insérait le rameau en ques-

1. Armand Renier, *Origine raméale des cicatrices ulodendroïdes du* Bothrodendron punctatum *Lindley et Hutton*, Comptes rendus Acad. sc., t. CXLVI, 1908, p. 1428-1430 ; — *L'origine raméale des cicatrices ulodendroïdes*, Ann. Soc. géol. de Belgique, II, Mém. in-4°, p. 37-82, pl. VII-IX, 1910.

tion. Des recherches ultérieures ont permis à M. Renier de préciser les rapports qui existaient entre les cicatrices ulodendroïdes et les rameaux insérés sur elles. Ces rameaux étaient fixés sur les tiges principales, non pas suivant toute la surface des cicatrices, ainsi que l'a pensé M. Watson, mais seulement sur leurs ombilics. Quant aux dépressions à l'intérieur desquelles ils s'inséraient, elles étaient dues à un accroissement *simultané* en diamètre de la tige principale et de ses branches latérales, et c'est ainsi que la partie basilaire de ces dernières se trouvait avoir une forme conique, comme chez les *Calamites* [1].

Dernièrement, M. P. Bertrand a décrit un nouveau type d'*Ulodendron* (*U. Montagnei*) provenant du toit de la veine Léonard, à Liévin, et dans lequel les cicatrices raméaler étaient pourvues d'un double ombilic ; ces cicatrices supportaient donc 2 rameaux, appliqués étroitement l'un contre l'autre, ou peut-être même légèrement coalescents à leur base. Autrement dit, chez la forme en question, la dichotomie des branches latérales s'effectuait d'une manière beaucoup plus hâtive que dans l'échantillon étudié par M. Renier [2].

Halonia. — Les tiges lépidodendroïdes, principalement celles des *Lepidophloios*, peuvent encore montrer, dans leurs dernières subdivisions [3], des cicatrices circu-

1. Armand Renier, *L'origine raméale des cicatrices ulodendroïdes* (*loc. cit.*), p. 15.

2. *Sur quelques empreintes végétales rares ou nouvelles du terrain houiller de Liévin,* Ann. Soc. géol. Nord, t. XL, 1911.

3. Cf. notamment Williamson, *On the organisation of the fossil plants of the coal-measures* : part. XIX, Phil. trans. roy. Soc. London. t. CLXXXIV B, 1894, p. 13 ; — part. XII, Phil. trans. roy. Soc, London, 1883, p. 468, et pl. 34, fig. 26.

laires, qui sont presque toujours disposées d'une manière spiralée. Chacune de ces cicatrices, dont l'aspect diffère profondément de celui des cicatrices ulodendroïdes, peut constituer un disque pourvu au centre d'une sorte d'ombilic qui marque la position d'une masse ligneuse ; ou bien elle apparaît comme un tubercule proéminent, lorsque le rameau qui la porte a été dépouillé d'une portion plus ou moins épaisse de son écorce.

Les spécimens pourvus de ces ornementations particulières ont été longtemps considérés comme appartenant à un genre spécial, le genre *Halonia* Lindley et Hutton.

Leur structure est semblable à celle des tiges lépidodendroïdes ordinaires. On voit partir de leur cylindre central des masses ligneuses qui se dirigent obliquement vers les cicatrices haloniales, et autour desquelles on remarque de petits faisceaux : ceux-ci constituent des traces foliaires appartenant aux ramifications qui s'inséraient sur lesdites cicatrices.

C'est principalement d'après le mode d'insertion de ces dernières que l'on a souvent distingué les *Halonia* des *Ulodendron*. Cette distinction, toutefois, n'a rien d'absolu [1]. Williamson a signalé en effet un fragment de *Lepidophloios* qui possédait plus de deux séries de cicatrices ulodendroïdes [2], et il a aussi signalé un *Halonia* pourvu seulement de deux séries de tubercules [3].

M. Weiss a décrit, d'autre part, comme appartenant

1. Cf. notamment Williamson, *On the organisation...* : part. XIX (*loc. cit.*), p. 14 et suiv.

2. Williamson, *On the organisation...* : part. XIX (*loc. cit.*), pl. 6, fig. 25 A.

3. *Ibid.*, pl. 6, fig. 22.

au *Lepidophloios fuliginosus*, un fragment de tige à structure conservée, à la surface duquel existaient deux séries opposées de cicatrices qu'il a considérées comme des cicatrices haloniales [1]. Mais, d'après M. Kidston, cet échantillon constituerait en réalité une branche latérale de tige ulodendroïde [2].

On a beaucoup discuté sur la nature des appendices qui s'inséraient sur les cicatrices haloniales. Il semble probable que c'étaient des strobiles, auquel cas les *Halonia* représenteraient des branches fertiles de *Lépidodendrées ;* et il s'ensuivrait que les fructifications de ces dernières auraient été insérées, tantôt à l'extrémité, tantôt le long de certains de leurs rameaux [3]. Il est possible, toutefois, que, dans certains cas, ces appendices aient été des branches végétatives [4].

Structure anatomique de la tige. — Après avoir décrit les divers aspects que peuvent présenter les tiges lépidodendroïdes, étudions leur structure anatomique, en considérant d'abord le *Lepidodendron Harcourtii* Witham, par exemple [5].

Lepidodendron Harcourtii. — Cette espèce a été décrite à l'origine d'après un échantillon provenant de la « Calciferous Sandstone series » du Northumberland. Le

1. Weiss, *A biseriate halonial branch of* Lepidophloios fuliginosus, Trans. Linn. Soc. London, second series, vol. VI, Botany, p. 217-232 ; pl. 23-26.

2. Kidston, *On the internal structure of* Sigillaria elegans..., Trans. roy. Soc. Edinburgh, vol. XLI, part III, 1905, p. 535-539.

3. Cf. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 173.

4. Seward, *Fossil plants*, vol. II, p. 137.

5. Voir notamment, au sujet de cette espèce : Witham, *Internal structure of fossil vegetables*, Edinburgh, 1833 ; — Brongniart, *Histoire des végétaux fossiles*, t. II ; — Bertrand, *Remarques sur le* Lepidodendron Harcourtii, Trav. et Mém. Univ. Lille, vol. II, Mém. 6, 1891.

plus grand spécimen que l'on en connaisse a un diamètre de plus de 8 centimètres, abstraction faite des bases de ses feuilles.

La tige du *L. Harcourtii* (fig. 23) possède, autour d'une moelle parenchymateuse centrale, un anneau ligneux, qui est lui-même entouré par une bande étroite de liber, généralement très mal conservé. Le contour externe de cet anneau ligneux montre, sur les coupes transversales, un certain nombre de pointements proéminents, dont chacun a son sommet occupé par un groupe de trachées.

Ces angles sont donc autant de pôles initiaux, à partir desquels le bois s'est développé d'une manière *centripète*. Ils représentent les traces de côtes longitudinales qui, de distance en distance, s'anastomosent entre elles, de façon à former un réseau assez compliqué.

C'est aux angles inférieurs des mailles ainsi constituées que les parties ligneuses des faisceaux foliaires quittent le bois de la tige ; elles s'insèrent, non pas sur les extrêmes sommets des côtes de ce dernier, mais sur leurs faces latérales.

Chaque faisceau foliaire est collatéral, et ses premiers vaisseaux sont situés vers le centre de sa masse ligneuse. Il possède en outre un amas de cellules sombres, que MM. Bertrand et Seward ont considérées comme des éléments sécréteurs comparables aux laticifères [1]. On ignore si ce massif spécial, qui se retrouve également chez le *Lepidophloios fuliginosus* et chez le *Lepidodendron Hickii*, était inclus dans le liber, ou situé en dehors de ce dernier.

1. Cf. Seward, *Notes on the Binney collection of coal-measure plants*, I, Lepidophloios, Proc. Cambridge phil. Soc., vol. X, 1899.

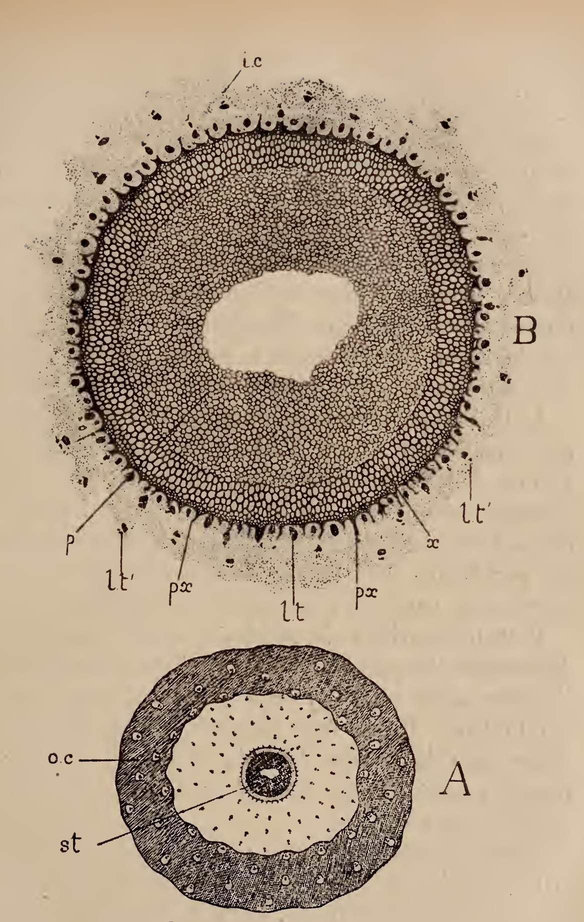


Fig. 23. — *Lepidodendron Harcourtii.*

A. Coupe transversale de la tige. — *st*, cylindre central ; — *o.c*, écorce externe ; — on remarque un grand nombre de traces foliaires dans toute l'étendue de l'écorce.

B. Cylindre central de la même tige. — *p*, moelle ; — *x*, anneau ligneux ; — *px*, pôles, entre lesquels les traces foliaires s'insèrent sur la masse ligneuse de la tige ; — *l. t* traces foliaires, dont les plus externes (*l. t'*), possèdent du bois et du liber ; — *i.c*, écorce interne (d'après M. D. H. Scott).

En tout cas, en dehors du liber et du groupe de cellules sécrétrices, on remarque, lorsque la trace foliaire est parvenue dans l'écorce externe de la tige, un cordon de parenchyme très délicat. C'est là le commencement du « parichnos », dont il sera question plus loin.

L'écorce de la tige du *Lepidodendron Harcourtii* est formée, dans sa région interne, par des cellules parenchymateuses, souvent détruites, et, dans sa partie externe, par des éléments à parois épaisses, qui sont au contraire toujours bien conservés.

La tige est recouverte en outre par les bases des feuilles, qui constituent autour d'elles une gaine compacte. Un peu en dedans de cette gaine, on remarque des tissus d'origine secondaire, qui se sont formés de chaque côté d'une zone génératrice intra-corticale, et qui constituent un périderme, à l'intérieur duquel existent des cellules sécrétrices, isolées ou groupées en faisceaux.

Il est très curieux de constater, chez le *Lepidodendron Harcourtii*, la présence de formations secondaires dans l'écorce, alors qu'il n'y en a pas trace dans l'appareil conducteur. Il est fort possible, cependant, que l'on observerait également du bois et du liber secondaires dans des échantillons plus âgés que ceux que l'on a rencontrés jusqu'ici.

Lepidodendron Wunschianum. — Ceci est rendu probable par l'étude du *L. Wunschianum* Will. (sp.) Cette espèce, qui provient de la « Calciferous Sandstone series » de l'île d'Arran, pourrait bien, d'après l'organisation de ses coussinets foliaires, se rapporter plutôt au genre *Lepidophloios* qu'au genre *Lepidodendron* [1].

1. Cf. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 140.

Elle diffère de la précédente en ce qu'elle possède un anneau de bois secondaire centrifuge qui peut atteindre près de 3 centimètres d'épaisseur dans les plus grands spécimens. Cet anneau existe seulement dans les tiges dont le bois primaire atteint un diamètre d'au moins 2 centimètres, c'est-à-dire dans des échantillons plus gros qu'aucun de ceux qui ont été rapportés au *L. Harcourtii*.

Dans une très belle tige provenant de la « Calciferous Sandstone series » de Dalmeny (Linlithgowshire), et que MM. Seward et Hill considèrent comme appartenant au *L. Wunschianum*, chaque faisceau foliaire possède une certaine quantité de bois secondaire. Ce dernier commence à se former lorsque le faisceau traverse le bois centrifuge de la tige. Il n'entoure jamais complètement le bois primaire qui lui correspond : il en recouvre seulement les faces latérales et externe [1]. C'est là le seul cas, parmi les tiges lépidodendroïdes, où l'on ait remarqué des formations scondaires dans les faisceaux foliaires [2].

Williamson a rencontré à Laggan Bay, dans l'île d'Arran, les bases de treize tiges de L. *Wunschianum* extrêmement intéressantes. Ces fragments de tiges étaient disposés dans une attitude verticale : douze d'entre eux avaient perdu leur région centrale, notamment leur moelle et leur appareil conducteur, et ils étaient remplis par de la cendre d'origine volcanique qui a tué jadis les arbres auxquels ils appartenaient.

Williamson suppose que c'est l'arrivée de cette

1. Seward et Hill, *On the structure and affinities of a lepidodendroid stem from the Calciferous Sandstone of Dalmeny, Scotland,* Trans. roy. Soc. Edinburgh, vol. XXXIX, part. 4, 1900, p. 907-928.

2. Cf. Scott, *Studies in fossil botany*, 2e éd., p. 143.

cendre qui a détruit les tissus délicats de leur écorce interne, libérant ainsi leurs cylindres ligneux, lesquels ont été entraînés ensuite par des eaux qui sont venues submerger la région où ils se trouvaient.

Quant à la treizième tige, conservée au Musée de l' « Owens College », à Manchester, elle a également été transformée en un cylindre creux, mais ce dernier a été rempli ultérieurement par des débris végétaux amenés par les eaux envahissantes. Ces débris comprenaient notamment des morceaux d'écorce, des fragments de *Stigmaria* et, chose curieuse, l'appareil conducteur complet d'au moins cinq des douze tiges précédentes [1].

Lepidodendron brevifolium. — Dans la tige du *L. brevifolium* Will., provenant de la « Calciferous Sandstone series » de Burntisland, on trouve encore du bois secondaire, mais, contrairement à ce qui a lieu chez le *L. Wunschianum*, cette formation existe même dans les petits rameaux, dont le bois primaire n'a quelquefois pas plus de 3 millimètres de diamètre.

Lepidodendron selaginoides. — Si l'on considère maintenant [2] le *L. selaginoides* Sternberg (fig. 24), on

1. Williamson, *On the light thrown upon the question of the growth and development of the carboniferous arborescent* Lepidodendra *by a study of the details of their organisation*, Mem. and proc. Manchester lit. and phil. Soc., 4e série, vol. IX, 1895, p. 45. — Quelque chose d'analogue au cas signalé par Williamson a été indiqué jadis par J.-D. Hooker ; ce dernier a décrit en effet une tige de *Lepidodendron*, dépourvue également de sa partie centrale, et remplie par de la matière minérale à l'intérieur de laquelle étaient inclus plusieurs fragments de *Lepidostrobus* (*Remarks on the structure and affinities of some* Lepidostrobi, Mem. geol. Soc. Great Britain, vol. II, part. II, 1848).

2. Voir surtout, au sujet de la structure de cette espèce : Hovelacque, *Recherches sur le* Lepidodendron selaginoides *Sternb.*, Mém. Soc. linn. Normandie, vol. XVII, 1892.

constate que sa tige diffère surtout des précédentes en ce qu'elle ne possède pas de moelle. Quant à son bois primaire, il est centripète et montre à sa périphérie un cer-

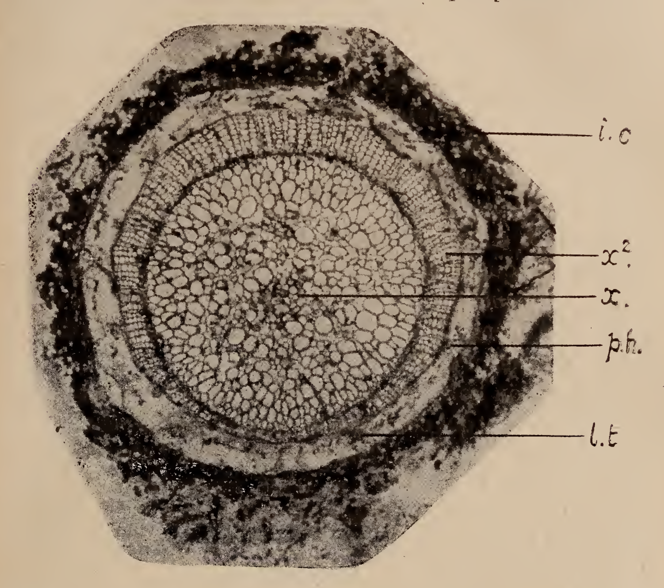


Fig. 24. — *Lepidodendron selaginoides* : coupe transversale du cylindre central, au début des formations secondaires.

x, Cylindre de bois primaire ; — x^1, bois secondaire, d'épaisseur inégale ; — *ph*, zone libérienne ; — *i.c*, une portion de l'écorce interne ; *l.t*, traces foliaires (d'après M. D. H. Scott : photographie du Dr Bousfield).

tain nombre de pôles légèrement proéminents, constitués par des trachées. Dans sa partie externe, ce bois est formé par de grands vaisseaux scalariformes, très allongés et étroitement juxtaposés les uns aux autres ; dans sa région centrale, au contraire, les vaisseaux deviennent beau-

coup plus courts, et on remarque parmi eux des cellules parenchymateuses qui constituent un rudiment de moelle. Souvent, ils ne sont pas plus longs que ces dernières. Leurs parois transversales sont pourvues d'épaississements réticulés, ce qui donne aux tiges du *L. selaginoides* un aspect très particulier sur les coupes en travers.

Les faisceaux foliaires sont collatéraux comme chez le *L. Harcourtii*, mais leurs masses ligneuses sont endarches. Chacun d'eux, lorsqu'il pénètre dans l'écorce externe de la tige, est accompagné sur sa face dorsale par un gros cordon de parichnos, qui se subdivise en deux autres, quand le faisceau pénètre dans la feuille.

Le *L. selaginoides* possédait du bois secondaire et du périderme, même dans de petits rameaux, dont le diamètre, parfois, n'excède pas 1 centimètre.

Souvent son bois secondaire, dont les éléments étaient scalariformes, et qui commençait à se former un peu après le périderme, ne se différenciait pas dès l'abord tout autour du bois primaire : sa trace ressemblait alors à une sorte de croissant. Même quand il entourait complètement le bois primaire, il pouvait être plus fortement développé d'un côté que de l'autre.

Quelquefois, il était séparé de ce dernier par une assise de parenchyme. Il était en outre traversé par des rayons parenchymateux, formés par une rangée unique de cellules, ou bien par plusieurs, dans le sens de la hauteur, et par une seule dans le sens de la largeur ; d'autres fois, enfin, ces rayons possédaient plusieurs épaisseurs d'éléments dans leur région médiane. Ce sont ces massifs de parenchyme ligneux que traversaient les traces foliaires, avant d'atteindre l'écorce.

Le périderme, qui commençait à se former de bonne

heure, atteignait un développement beaucoup plus important que le bois secondaire. Dans quelques spécimens très jeunes, on a pu observer, immédiatement en dedans de la gaine constituée par les bases des feuilles, la zone génératrice qui lui a donné naissance. Cette zone, entre les bases des feuilles, était séparée de la périphérie de la tige par quelques assises de cellules seulement.

Dans les échantillons âgés, elle était située dans la région externe de l'écorce secondaire, qui se trouvait ainsi constituée principalement par du phelloderme.

Lepidophloios fuliginosus. — Chez le *Lepidophloios fuliginosus* Will (sp.), ainsi que chez le *Lepidodendron intermedium*, il se formait une zone génératrice, d'une manière tout à fait irrégulière, dans diverses régions du liber et du parenchyme cortical environnant. Ce méristème produisait, par la subdivision de ses cellules, une assez grande quantité de parenchyme, dans lequel se différenciaient ordinairement plusieurs groupes de vaisseaux secondaires distincts les uns des autres.

Le mode de formation de ces vaisseaux secondaires était donc imparfait et rudimentaire, comparativement à celui qui apparaît dans les tiges lépidodendroïdes ordinaires.

Mais, on ne saurait en tirer argument pour éloigner le genre *Lepidophloios* du genre *Lepidodendron*, au point de vue anatomique. On a retrouvé en effet une structure analogue à celle du *Lepidophloios fuliginosus* dans des spécimens qui ont pu être rapportés aux *Lepidodendron obovatum* Sternb. et *aculeatum* Sternb [1].

1. Scott, *Structure of* Lepidodendron obovatum, Ann. of Bot., vol. XX, 1906 ; — Seward, *Anatomy of* Lepidodendron aculeatum, ibid.

Dans toutes les tiges précédentes, à l'exception de celles du *L. selaginoides*, le bois primaire constitue un anneau situé autour d'une moelle nettement différenciée. Dans quelques autres, au contraire, il constitue une masse centrale rigoureusement continue, qui ne laisse aucune place pour l'existence d'une moelle. Il en est ainsi, notamment, chez quelques *Lepidodendron* dépourvus de bois secondaire, tels que les *L. rhodumnense* Renault [1], *esnostense* [2] Renault, tous les deux de l'âge du culm, et chez le *L. saalfeldense* Solms [3]. Cette dernière espèce a été créée d'après un échantillon provenant des couches dévoniennes de la Thuringe, et à une des extrémités duquel M. de Solms-Laubach a remarqué les bases de quatre branches qui lui ont paru être le commencement des organes souterrains. D'ailleurs, vers cette extrémité, la partie ligneuse de l'échantillon en question présente précisément une structure rappelant celle que l'on observe chez les *Stigmaria*.

Lepidodendron pettycurense. — M. Kidston a découvert récemment une nouvelle espèce de *Lepidodendron* (*L. pettycurense*), qu'il a décrite d'après deux spécimens provenant de la « Calciferous Sandstone Series » des environs de Pettycur [4].

La tige de ce *Lepidodendron* est complètement

1. Renault, *Structure comparée de quelques tiges de la flore carbonifère*, Nouv. Arch. Mus. Paris, 1879 p. 249.

2. Renault, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, p. 175.

3. Solms-Laubach, *Ueber die seinerzeit von Unger beschriebenen Structurbietenden Pflanzenreste des Unterculm von Saalfeld in Thüringen*, Abh. K. preuss. geol. Landes., Heft 23, 1896, p. 18, et pl. 10, fig. 7-11.

4. Kidston, *Note on a new species of* Lepidodendron *from Pettycur* (L. Pettycurense), Proc. roy. Soc. Edinburgh, vol. XXVII, part. III, (nº 22), 1907, p. 207-209.

dépourvue de moelle, comme celle du *Lepid. rhodumnense* Renault [1] ; son centre est rempli par une masse cylindrique de bois primaire, laquelle est entourée par un anneau de bois secondaire. Les vaisseaux les plus anciens que l'on puisse y observer constituent une bande étroite, à la périphérie du bois primaire. Ce dernier se trouve ainsi avoir un contour uni et être dépourvu de côtes proéminentes, contrairement à celui de la tige du *Lepidodendron Harcourtii*, par exemple.

En résumé, dans les tiges lépidodendroïdes étudiées jusqu'ici, l'appareil vasculaire peut être constitué uniquement par du bois primaire (*L. Harcourtii, rhodumnense, saalfeldense*...), ou bien comprendre également des formations secondaires (*L. Wunschianum*...). Elles peuvent en outre posséder une moelle (*L. Harcourtii, brevifolium*...), ou en être dépourvues (*L. pettycurense, rhodumnense*). A ce dernier point de vue, un cas intermédiaire se trouve réalisé chez le *L. selaginoides*, où le bois primaire est entremêlé de cellules parenchymateuses dans sa région interne.

Enfin, le contour du bois centripète peut être uni (*L. pettycurense*), ou bien être pourvu de côtes longitudinales, qui s'anastomosent entre elles de distance en distance (*L. Harcourtii*).

Ramifications de la tige principale. — La tige et les branches principales des *Lepidodendron* se divisaient presque toujours d'une manière vraiment dichotome. Pour cela, leur contour cessait d'abord d'être circulaire et devenait elliptique sur les coupes transversales.

1. Cf. B. Renault, *Structure comparée de quelques tiges de la flore carbonifère*, Nouv. Arch. Mus., 2e série, t. II, 1879, p. 249-254, et pl. 10, notamment fig. 2.

Quant à leur cylindre central, il se subdivisait en deux parties, ayant chacune la forme d'un fer à cheval ouvert du côté interne.

Ces deux moitiés, qui se dirigeaient dans les deux branches de la dichotomie, rapprochaient bientôt leurs extrémités, et reprenaient une forme circulaire : elles redevenaient ainsi semblables au cylindre central initial.

Dans les échantillons pourvus de bois et de liber secondaires, ces derniers, au moment où allait se produire une dichotomie, se recourbaient à l'intérieur des deux faisceaux primaires en fer à cheval, de façon à les contourner complètement.

La forme en fer à cheval de ces faisceaux primaires est très nette dans les tiges qui possèdent une moelle ; elle se remarque également, sans aucune modification sensible, chez le *L. selaginoides*, dont la tige possède seulement quelques éléments parenchymateux disséminés au centre de son bois primaire.

D'autres fois, les rameaux des *Lepidodendron* se subdivisaient en deux branches inégales ; l'une de ces dernières, qui est susceptible de se terminer par un strobile, apparaît alors comme une branche latérale par rapport à l'autre, qui semble continuer directement le rameau initial.

Souvent, le cordon de bois primaire qui se dirigeait dans la plus petite branche était dépourvu de moelle. A l'endroit où il quittait le bois centripète du rameau principal, celui-ci devenait quelquefois momentanément discontinu, comme chez le *Lepidophloios fuliginosus*, par exemple. Ou bien, comme on l'a constaté chez le *Lepidodendron brevifolium*, il ne cessait à aucun moment

d'être continu, et c'est tout juste s'il existait à sa surface une légère dépression au-dessus des régions d'où partaient les faisceaux ligneux primaires des petites branches latérales.

Structure anatomique de la feuille. — Considérons maintenant la structure des feuilles portées par les tiges lépidodendroïdes. Ces dernières sont tantôt très allongées et étroites, tantôt, au contraire, larges et courtes.

La face dorsale de chacune d'elles montre, dans sa région basilaire, une proéminence médiane, séparée de deux ailes latérales par deux dépressions très accentuées : c'est sur l'épiderme de ces dépressions que sont situés les stomates.

Les ailes latérales et les dépressions qui les accompagnent diminuent progressivement d'importance à mesure qu'on s'élève vers le sommet des feuilles, dont les coupes transversales arrivent ainsi à avoir un contour à peu près circulaire.

B. Renault a décrit en détails la structure anatomique des feuilles de son *Lepidodendron esnostense* [1]. Il y a observé un faisceau ligneux central unique, constitué par des trachées et des vaisseaux rayés, et entouré par du liber. En dehors de ce dernier, il a constaté l'existence d'un certain nombre d'assises de cellules allongées, fusiformes, dont les parois étaient pourvues d'ornements analogues à ceux des vaisseaux.

Ce tissu a été appelé « tissu aquifère » par Renault, et M. Scott le considère comme équivalent au tissu de transfusion des feuilles des *Conifères* [2] ; son contour

1. *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, p. 178, 179.

2. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 161.

externe, triangulaire à la base des feuilles, devient graduellement circulaire à leur sommet.

En dehors de lui, il existe un tissu spongieux, pourvu de nombreux méats, qui était en relations avec le milieu extérieur grâce aux stomates et jouait évidemment le rôle d'un mésophylle.

A la périphérie de la feuille enfin, en dehors des régions pourvues de stomates, on remarque, au-dessous de l'épiderme, des cellules hypodermiques à parois épaissies.

Les feuilles de diverses *Lépidodendrées* d'Angleterre, notamment celles du *Lepid. Hickii*, avaient une structure à peu près semblable à celle qui vient d'être décrite chez le *Lepid. esnostense*.

Les deux cordons de parichnos que l'on observe à la surface des coussinets foliaires des *Lepidodendron* et des *Lepidophloios* proviennent, comme cela a déjà été indiqué, d'un cordon unique qui prend naissance dans la région moyenne de l'écorce de la tige ; ce dernier se bifurque en traversant l'écorce externe, et ses deux ramifications disparaissent après avoir pénétré dans le mésophylle de la feuille.

Le parichnos établit donc une continuité entre le parenchyme cortical de la tige et le mésophylle des feuilles. D'après M. Weiss, son rôle aurait consisté à faciliter la respiration des plantes dont il faisait partie [1].

M. Hill a constaté dernièrement, dans les sporophylles de diverses *Lycopodinées* actuelles (*Isoëtes hys-*

1. Weiss, *The Parichnos in Lepidodendraceæ*, Mem. and Proc. Manchester lit. and. phil. Soc., vol. LI, part II, 1907.

trix, plusieurs espèces de *Lycopodium*), l'existence de canaux mucilagineux, provenant de la désorganisation de cellules parenchymateuses, et qu'il a comparés aux cordons de parichnos des *Lépidodendrées*[1]. Il attribue à ces canaux un rôle sécréteur, capable d'empêcher la dessiccation des organes reproducteurs, et il présume que le même rôle a pu être rempli par le parichnos des *Lépidodendrées*, ce qui n'empêcherait pas, d'ailleurs, que ce dernier eût servi également à faciliter les phénomènes respiratoires, après la chute des feuilles[2].

L'existence d'une ligule, annexée aux feuilles des *Lépidodendrées*, a été soupçonnée d'abord par Stur, et démontrée ensuite d'une manière irréfutable par Hovelacque chez le *Lepidodendron selaginoides*[3], puis par M. de Solms-Laubach chez le *Lepidodendron brevifolium*[4] ; depuis, sa présence a été constatée chez diverses autres espèces, et il est probable qu'elle existait chez toutes les *Lépidodendrées* sans exception[5].

Cet organe était constitué par des cellules parenchymateuses très délicates, ce qui explique qu'il soit souvent détruit ; il s'insérait au fond d'une dépression dont il ne dépassait presque jamais l'orifice.

Cette dépression était beaucoup plus profonde qu'elle ne l'est chez les *Isoëtes* et les *Selaginella* ; il importe toutefois de faire une restriction à cet égard pour les

1. Hill, *On the presence of a parichnos in recent plants*, Ann. of Bot., t. XX, 1906, p. 267-272.

2. Hill, *loc. cit.*, p. 272.

3. *Recherches sur le* Lepidodendron selaginoides (*loc. cit.*).

4. *Ueber die in den Kalksteinen des Kulm von Glätzisch-Falkenberg in Schlesien erhaltenen structurbietenden Pflanzenreste*, Bot. Zeit., 1892, p. 110, et pl. 2, fig. 2, 4.

5. Cf. Scott, *Studies in fossil botany*, 2e éd., p. 158.

Selaginella oregana et *rupestris*, chez lesquels la ligule est presque complètement incluse dans la fossette au fond de laquelle elle s'insère[1].

A la base de la cavité ligulaire, on remarque une gaine de vaisseaux très courts, qui se rattachent à la partie ligneuse du faisceau foliaire, comme chez les *Selaginella* et les *Isoëtes*.

Fructifications. — Pour terminer l'histoire des *Lepidodendron* et des *Lepidophloios*, il importe de décrire leurs fructifications. Ces dernières n'ont été que rarement rencontrées en connexion avec les individus qui les ont produites ; aussi a-t-on été obligé de les désigner sous des noms génériques spéciaux.

Lepidostrobus. — Certaines d'entre elles, qui constituent le genre *Lepidostrobus* Brgnt, sont représentées par des strobiles souvent très allongés et de forme à peu près cylindrique.

L'axe de chacun de ces strobiles supporte de très nombreuses bractées pressées les unes contre les autres et disposées généralement d'une manière spiralée ; quelquefois pourtant, ces bractées peuvent être ordonnées en verticilles.

Quoi qu'il en soit, chaque sporophylle comprend un pédicelle horizontal long et étroit, qui se recourbe vers le haut à son extrémité distale, de manière à constituer une lame lancéolée, laquelle se prolonge parfois brièvement en-dessous du pédicelle, suivant un court appendice. Cette lame terminale est stérile, mais le pédicelle qui la précède supporte, sur sa face ventrale, un spo-

1. Harvey Gibson, *Anatomy of the genus* Selaginella : *II, The Ligule*, Ann. of Bot., t. X, 1896, p. 83 ; pl. 8, fig. 19.

range de grande taille, inséré suivant presque toute sa longueur.

En revoyant les diverses préparations microscopiques de *Lepidostrobus* étudiées jadis par Williamson, M. Maslen a réussi à observer des ligules ; chacune de celles-ci était située, non plus au fond d'une fossette, comme cela a lieu dans le cas des feuilles végétatives des *Lepidodendron*, mais directement sur la face ventrale d'une bractée, à l'extrémité distale de son pédicelle, c'est-à-dire en dehors du sporange correspondant [1].

Par suite du grand allongement radial de ce dernier, elle se trouvait très éloignée de l'axe du strobile ; le long pédicelle du sporophylle qui la séparait de l'axe en question est équivalent, au point de vue morphologique, à un coussinet foliaire de *Lepidodendron* [2].

M. Zeiller a également constaté l'existence d'une ligule dans deux écailles sub-apicales appartenant à un strobile de *Lep. Brownii* recueilli à Cabrières [3] ; dans les autres bractées du même strobile, cet organe avait disparu, en raison de sa nature délicate, et il n'existait plus qu'une sorte de déchirure à la place occupée jadis par lui.

Certains spécimens de *Lepidostrobus* ont été rencontrés dans un état de conservation permettant d'en étudier en détails la structure anatomique.

Lep. Brownii. — Tel est le cas, par exemple, du

1. Maslen, *The Ligule in* Lepidostrobus, Ann. of Bot., t. XII, 1898, p. 256-259.

2. *Ibid.*, p. 259.

3. Zeiller, *Observations sur le* Lepidostrobus Brownii, Comptes rendus Ac. Sc., 5 avril 1909, p. 893, 894 ; — *Etude sur le Lepidostrobus Brownii*, Mém. Ac. Sc., 1911, p. 33-35.

Lep. Brownii Brgnt. (sp.), recueilli dans le dinantien inférieur [1], et dont l'axe est organisé à peu près de la même manière que la tige du *Lepidodendron Harcourtii.*

Dans cet axe, la région moyenne de l'écorce est très lacuneuse et constituée par des sortes de trabécules rappelant tout à fait celles qui entourent les faisceaux des tiges, chez les *Sélaginelles*.

Enfin, M. Zeiller a constaté dernièrement que, chez le *L. Brownii,* dans les régions moyenne et terminale de la portion dressée des écailles, les cellules avaient leurs parois internes tapissées par de remarquables papilles ; chacune de ces papilles était constituée par un pédicelle renflé à son sommet [2]. Ces épaississements *intra-cellulaires* des membranes présentent d'autant plus d'intérêt que l'on n'en a jamais observé de pareils chez aucune plante, fossile ou vivante.

M. Zeiller a remarqué qu'il existait tous les passages entre eux et d'autres, plus normaux. Si l'on considère, en effet, les cellules voisines de la périphérie des écailles et celles qui entourent leur faisceau, on constate qu'elles présentent sur leurs membranes des épaississements spiralés ou rayés. Quand on pénètre plus à l'intérieur, dans l'écorce desdites écailles, en s'éloignant, soit de leur surface externe, soit de leur faisceau, on observe des renflements, de distance en distance, sur ces derniers épaississements. Quant aux bandes minces qui relient entre eux les renflements ainsi formés, elles

1. Zeiller, *Etude sur le Lepidostrobus Brownii*, p. 64.

2. Zeiller, *Observations sur le* Lepidostrobus Brownii (*loc. cit.*), p. 894-896 ; — *Etude sur le* Lepidostrobus Brownii, Mém. Ac. Sc., 1911, p. 28-31.

s'amincissent peu à peu et finissent par disparaître : on passe ainsi aux papilles si curieuses dont il était question tout à l'heure.

Dans les régions moyenne et inférieure des écailles, il se produisait d'autres épaississements, autour des papilles, ainsi que le long des bandes transversales, et, de cette façon, les lumières des cellules finissaient par s'oblitérer complètement.

M. Zeiller a également observé des cellules à papilles, semblables aux précédentes, dans le spécimen-type du *Lep. Brownii*, ainsi que chez son *Lep. Laurenti* et chez le *Lep. Dabadianus* Schimper. Par contre, il n'en a pas rencontré dans le spécimen décrit par Schimper sous le nom de *Lep. Brownii*, lequel, d'ailleurs, diffère profondément du *Lep. Brownii*, type, en ce que son axe possède un cylindre ligneux plein, totalement dépourvu de moelle[1].

D'après cela, M. Zeiller a cru devoir identifier au *Lep. Brownii* Brgnt. (sp.), les *Lep. Dabadianus* Schimper et *Rouvillei* B. Renault, ainsi que son *Lep. Laurenti*. Il a proposé, par contre, de faire du *Lep. Brownii* de Schimper le type d'une espèce à part, le *Lep. Schimperi*, qui se distingue principalement du *L. Brownii* Brgnt. (sp.) par son axe dépourvu de moelle et par l'absence de cellules à papilles dans ses écailles [2].

Il a aussi distingué, sous le nom de *Lepidostrobus Delagei*, une autre espèce, d'après un échantillon de Cabrières, malheureusement fort incomplet[3].

1. Cf. B. Renault, *Cours de Botanique fossile*, t. II, p. 34.
2. Zeiller, *Etude sur le Lepidostrobus Brownii*, Mém. Ac. Sc., 1911, p. 43-45.
3. *Ibid.*, p. 60-63.

Ce dernier cône présente dans son axe la même structure que le *L. Brownii*, mais ses écailles, comme celles du *L. Schimperi*, ne montrent pas la moindre trace de papilles dans leurs cellules.

Lep. Oldhamius. — D'autres échantillons de *Lepidostrobus*, à structure conservée, ont été recueillis dans le terrain houiller des environs d'Oldham, et désignés par Williamson sous le nom de *Lep. Oldhamius.*

Dans chacun de ces strobiles, l'axe, comme la tige du *Lepidodendron Harcourtii*, possède une moelle centrale, entourée par un anneau de bois centripète, lequel est pourvu, à sa surface externe, d'un certain nombre de pôles proéminents et entouré par un anneau libérien. L'écorce, parenchymateuse dans sa partie interne, devient fibreuse à sa périphérie.

Les faisceaux foliaires sont collatéraux, et, dans chacun d'eux, les vaisseaux les plus anciens sont situés au centre de la masse ligneuse : on a affaire là à une structure mésarche du bois, comme dans les faisceaux foliaires du *Lepidodendron Harcourtii.*

M. Maslen, en examinant les coupes décrites par Williamson sous le nom de *Lepidostrobus Oldhamius*, a remarqué certaines variations de détails qui lui ont paru susceptibles de justifier peut-être un jour la subdivision du *L. Oldhamius* en plusieurs espèces. Il a désigné provisoirement les principales formes ainsi rencontrées sous les noms de *L. Oldhamius* α, β, γ [1].

La première de ces formes lui a montré, dans son axe, un anneau ligneux très mince ; chez les autres, cet

1. Maslen, *The structure of* Lepidostrobus, Trans. Linn. Soc. London, 1899, t. V, p. 359-372.

anneau augmente d'importance, au point que, chez le *L. Oldhamius* β, la moelle devient très réduite.

Il a considéré, en outre, certaines autres coupes, provenant également de la collection Williamson, comme appartenant à une espèce nouvelle, le *L. foliaceus* [1].

Chez ce dernier, le faisceau de chaque sporophylle est flanqué de deux massifs de sclérenchyme qui servent de supports au sporange correspondant.

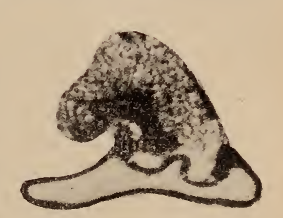


Fig. 25. — Macrospore de *Lepidostrobus foliaceus*, avec son grand appendice (d'après R. Scott).

Les macrospores (fig. 25), qui semblent être au nombre de quatre seulement dans chaque macrosporange, ont une paroi très épaisse, sur laquelle s'insère un grand appendice en forme de lame, étranglé à sa base, et montrant à sa surface des lignes rayonnantes. Cet appendice rappelle l'appareil dit de natation que l'on trouve annexé aux macrospores de l'*Azolla filiculoides* [2].

Chez le *L. Oldhamius*, le pédicelle de chaque sporophylle est étroit et triangulaire, vers sa base, en coupe transversale ; dans sa région distale, il devient plus large et plus aplati. Il est constitué par des éléments à parois épaisses, semblables aux cellules corticales les plus externes de l'axe.

La lame qui le termine est insérée sur lui presque à angle droit ; large et épaisse à sa base, elle devient

1. Maslen, *loc. cit.*, p. 359, 375.
2. R. Scott, *On the megaspore of* Lepidostrobus foliaceus, The New Phytologist, vol. V, 1906, p. 116.

mince et étroite vers son extrémité. Elle comprend, dans sa partie interne, de petites cellules à parois minces, et, dans sa partie externe, des cellules à parois très épaissies.

Son faisceau est entouré, comme celui des feuilles végétatives des *Lepidodendron*, par une gaine de courtes cellules spiralées ou réticulées, qui constituent un tissu de transfusion.

Chaque sporange montre dans sa paroi une assise de cellules prismatiques, allongées perpendiculairement à sa surface. A l'endroit où il s'insère sur le sporophylle sous-jacent, on voit s'élever à son intérieur une bande plus ou moins importante de tissu stérile.

Chez le *L. Oldhamius*, ainsi que chez quelques autres formes du même genre, on connaît une seule sorte de spores, très petites, souvent encore groupées en tétrades, et très nombreuses dans chaque sporange. Il semble infiniment probable, néanmoins, que tous les *Lepidostrobus* ont dû être hétérosporés, et que, chez ceux dont il vient d'être question, outre les microspores que l'on connaît, il existait aussi des macrospores [1].

Lep. Veltheimianus. — Un exemple très net de strobiles hétérosporés est fourni par les fructifications du *Lepidodendron Veltheimianum* Sternb. (*Lepidostrobus Veltheimianus* Scott) [2].

Ces strobiles (fig. 26), qui ont été rencontrés en grande abondance dans la « Calciferous Sandstone series » des environs de Burntisland, avaient seulement 1 centimètre

1. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 182.

2. Voir Williamson, *On the organisation of the fossil plants...* (*loc. cit.*), part. XIX, pl. 8, fig. 51, 52 ; — Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 182-186, et fig. 72-75.

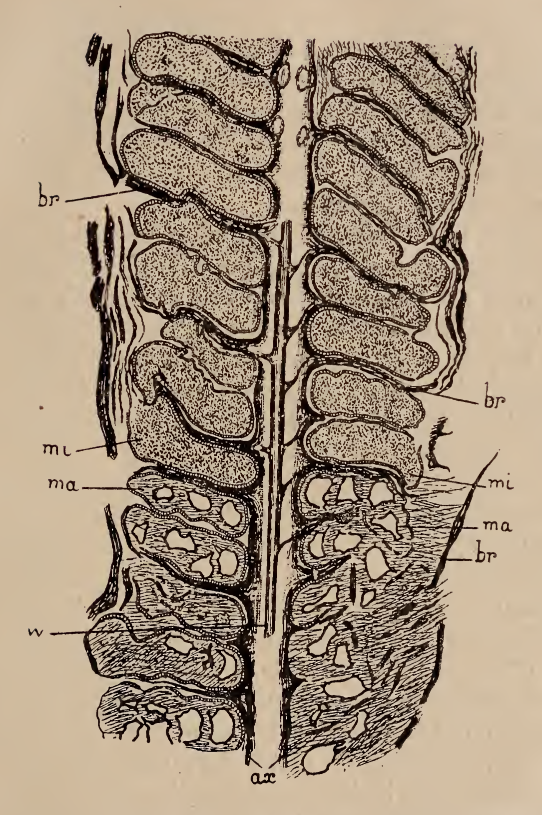


Fig. 26. — *Lepidostrobus Veltheimianus.* Coupe longitudinale, montrant : en haut, des microsporanges ; en bas, des macrosporanges.

ax, axe du strobile, montrant le cylindre central (*w*) et des traces foliaires, qui se rendent dans les sporophylles (*br*) ; — *mi*, microsporanges ; — *ma*, macrosporanges, contenant quelques macrospores échinulées (d'après M. D.-H. Scott).

de diamètre et environ 4 centimètres de longueur. Ils étaient organisés à peu près de la même manière que ceux désignés sous le nom de *L. Oldhamius*. Toutefois, par suite de la petitesse de leurs cylindres ligneux, la moelle y était très réduite. En outre, les pédicelles de leurs sporophylles étaient plus larges et plus aplatis que chez le *L. Oldhamius*.

Chez le *L. Veltheimianus*, les cellules de la paroi des sporanges se montrent toujours allongées perpendiculairement à la surface de ces derniers ; mais, quelquefois, elles sont subdivisées par une cloison transversale.

De plus, on remarque, à l'intérieur de chaque sporange, partant de sa ligne d'insertion sur le sporophylle, une bande de tissu stérile qui se dichotomise fréquemment à son extrémité supérieure.

Les microspores, très nombreuses dans chaque microsporange, n'ont jamais plus de 0 mm. 02 de diamètre. Quant aux macrospores, elles ont toujours un diamètre d'au moins 0 mm. 8 ; leur nombre, dans chaque macrosporange, peut avoir été de huit seulement ; en tout cas, il n'a certainement pas dépassé seize [1].

Chacune d'elles présente, à l'examen microscopique, une membrane très épaisse, pourvue à sa périphérie d'un grand nombre de bâtonnets recourbés à leurs extrémités.

Spores isolées. — Outre les cônes plus ou moins complets dont il vient d'être question, on a rencontré à diverses reprises dans les roches carbonifériennes des macrospores isolées, dont un grand nombre ont certainement appartenu à des *Lepidostrobus* [2].

1. Scott, *Studies... (loc. cit.)*, p. 184-185.
2. Cf. Seward, *Fossil plants*, t. II, p. 191.

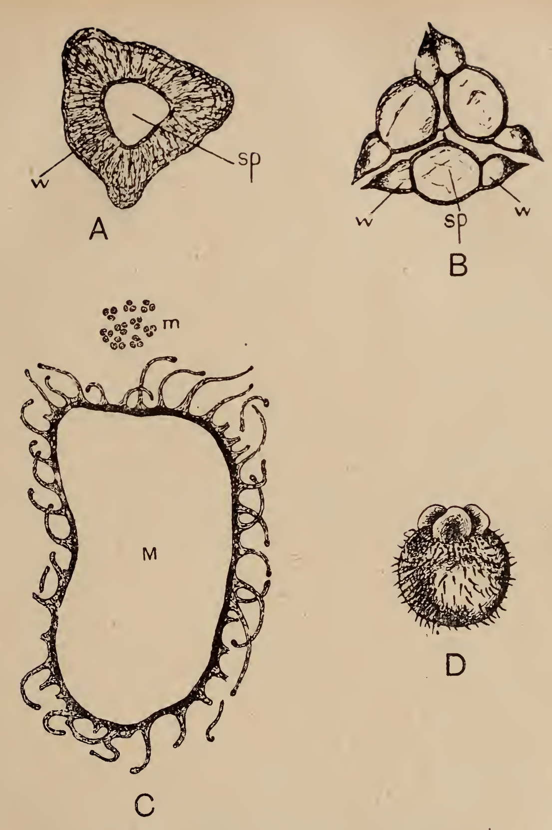


Fig. 27. — Spores de *Lépidodendrées*.

A. *Spencerites insignis* : spore isolée, avec sa cavité (*sp*) et son appendice ailé (*w*), vu superficiellement.
B. *Spencerites insignis* : trois spores d'une tétrade, en coupe ; — *sp*, cavité des spores ; — *w*, appendice ailé périphérique.
C. *Lepidostrobus Veltheimianus*. — M, macrospore échinulée ; — *m*, tétrades de microspores, représentées à la même échelle.
D. Macrospore, vue de profil, et appartenant probablement à la même espèce que la précédente ; on y remarque les appendices épineux et les lobes de la membrane (d'après Williamson, Scott, Kidston et Bennie).

A la surface de ces macrospores, on observe de nombreux poils, simples ou ramifiés, quelquefois renflés à leurs extrémités, et qui doivent avoir facilité l'acte de la fécondation en retenant les microspores que l'on trouve souvent emprisonnées entre eux [1].

Quelques-unes des macrospores en question, décrites par MM. Bennie et Kidston [2] et qui semblent avoir appartenu au *Lepidostrobus Veltheimianus* (fig. 27, C, D), montrent à leur surface, outre les épines, un curieux appendice trilobé. Cette formation, qui paraît avoir existé, sauf quelques variations de détails, chez toutes les *Lépidodendrées*, délimitait sans doute une sorte de micropyle, grâce auquel la macrospore correspondante pouvait être fécondée.

On a également rencontré parfois, à l'intérieur de certaines macrospores de *Lépidodendrées*, appartenant notamment au *Lepidostrobus Veltheimianus*, un prothalle conservé d'une manière très satisfaisante [3].

Dernièrement enfin, une fructification de *Lycopodiacée* extrêmement intéressante a été découverte dans les « lower coal-measures » d'Angleterre. Cette fructification, qui porte provisoirement le nom générique de *Mazocarpon*, est caractérisée par ce fait que les macrospores y sont incluses dans un tissu parenchymateux qui remplit le sporange auquel elles appartiennent. A l'intérieur de ces macrospores, on observe souvent un prothalle plus ou

1. Seward, *Fossil plants*, t. II, p. 192.

2. *On the occurrence of spores in the carboniferous formation of Scotland*, Proc. roy. phys. Soc. Edinburgh, vol. IX, 1885-1888.

3. Cf. Scott, *Studies... (loc. cit.)*, fig. 77.

moins bien conservé, avec parfois des traces d'archégones [1].

Renault a également observé, dans certaines macrospores qu'il a rapportées à son *Lepidodendron esnostense*, un prothalle, contenant à sa partie supérieure une cavité en forme de bouteille qui semble avoir constitué un archégone [2].

Spencerites. — Williamson a décrit jadis sous le nom de *Lepidostrobus insignis* un type de strobiles qui, à certains égards, diffèrent considérablement des *Lepidostrobus* ordinaires. Il a considéré à l'origine les pédoncules de ces strobiles comme des fragments de tiges végétatives de *Lepidodendron* et leur a donné le nom de *L. Spenceri*. Depuis, M. Scott, qui a étudié ces divers échantillons en grands détails, les a classés dans un genre spécial, le genre *Spencerites*, qu'il a subdivisé en deux espèces [3].

Sp. insignis Will. (sp.). — Dans l'une de ces espèces, qui a été rencontrée dans les « lower coal-measures », aux environs d'Halifax et d'Huddersfield, l'axe possède un cordon de bois centripète pourvu de pôles très peu proéminents, dont le nombre varie de dix à quatorze.

Cette masse ligneuse peut être tout à fait pleine, ou bien posséder dans sa partie centrale quelques cellules à parois minces ; quelquefois même, ces derniers élé-

1. Voir Scott, *The present position of palæozoic Botany*, in Lotsy's Progressus Rei Botanicæ, Erster Band, Erstes Heft, 1907, p. 169,170.

2. B. Renault, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, p. 183, et fig. 36.

3. Scott, *On the structure and affinities of fossil plants from the palæozoic rocks : II, On* Spencerites, *a new genus of lycopodiaceous cones from the coal-measures founded on the* Lepidodendron Spenceri *of Williamson*, Phil. Trans. roy. Soc. London, t. CLXXXIX, 1897, p. 83-103, et pl. 12-15.

ments sont assez nombreux pour constituer une moelle, ou plutôt peut-être une sorte de procambium indifférencié. M. Scott invoque à l'appui de cette dernière hypothèse le fait que Williamson a signalé à l'intérieur du tissu en question l'existence de vaisseaux incomplètement développés, pourvus d'épaississements très délicats.

Dans l'axe du *Sp. insignis*, la région moyenne de l'écorce comprend de longues cellules entrelacées, à parois assez épaisses, et qui sont quelquefois ramifiées. Ce curieux tissu est en connexion avec l'écorce interne et l'écorce externe, de même qu'avec les faisceaux foliaires. Il rappelle tout à fait le tissu trabéculaire signalé par M. Bower dans l'écorce de diverses *Lycopodiacées*, fossiles et vivantes [1].

Quant à l'écorce externe, elle est constituée par un reticulum de sclérenchyme, dont les mailles sont remplies par un tissu délicat que traversent les faisceaux foliaires avant de sortir de l'axe.

Les sporophylles sont ordonnés autour de celui-ci d'une manière tantôt spiralée, tantôt verticillée ; dans ce dernier cas, ils sont au nombre de dix environ dans chaque verticille.

Chacun d'eux (fig. 28) est constitué par un pédicelle étroit, long d'environ 2 mm. 5 à 3 millimètres, et par une lame terminale comprenant un lobe dorsal court et épais, et un lobe ventral beaucoup plus allongé que le précédent. Grâce à ces deux lobes, les sporanges se trouvent protégés d'une manière très efficace.

Chacun de ces derniers a une forme ovoïde ou sphé-

1. Scott, *On* Spencerites... (*loc. cit.*), p. 88.

rique, au lieu d'être allongé, comme ceux des *Lepidostrobus*. Il s'insère, au moyen d'un court pédicelle, sur

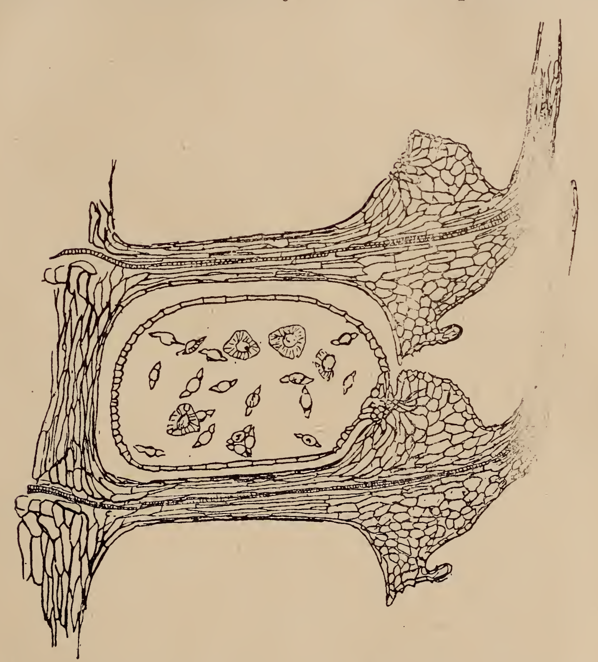


Fig. 28. — *Spencerites insignis.* Coupe longitudinale radiale, montrant une portion de l'axe, deux sporophylles, et un sporange, avec quelques spores ailées (d après Miss Berridge).

la face supérieure du sporophylle sous-jacent, à l'endroit où la lame terminale de ce sporophylle commence à se distinguer du pédicelle. Entre cette lame et lui, on n'a pas observé de ligule.

Sa paroi montre à l'examen microscopique une assise

de cellules prosenchymateuses qui sont allongées tangentiellement, au lieu d'être palissadiques, comme celles que l'on observe chez les *Lepidostrobus*. Les membranes latérales de ces cellules sont très épaissies, tandis que leurs membranes supérieures et inférieures sont relativement minces.

On connaît, chez le *Sp. insignis*, une seule sorte de spores, dont la taille est intermédiaire entre celle des microspores et celle des macrospores des *Lepidostrobus*. En raison de leur petit nombre dans chaque sporange, il se pourrait bien que ces éléments eussent constitué jadis des macrospores [1], auquel cas le *Spencerites insignis* aurait été hétérosporé, comme les *Lepidostrobus*.

Quoi qu'il en soit, les spores en question (fig. 27, A, B) sont remarquables par la présence, autour de leur région équatoriale, d'un large appendice annulaire, creux à son intérieur, et qui leur donne un aspect très spécial. Quand on les regarde de profil, cet appendice se montre sous la forme de deux triangles situés aux deux extrémités d'un même diamètre. Il apparaît, d'autre part, dans celles que l'on observe de face, comme un anneau contournant leur surface externe.

Son rôle doit avoir été le même que celui des sacs aérifères annexés aux grains de pollen des Pins, par exemple, c'est-à-dire qu'il a sans doute servi à faciliter la dispersion des spores, sous l'action du vent [2].

Sp. majusculus Scott. — M. Scott a décrit sous le nom de *Sp. majusculus* une deuxième espèce de *Spencerites*, dont deux coupes avaient été signalées jadis par

1. Scott, *On* Spencerites... (*loc. cit.*), p. 93.
2. Solms-Laubach, *Fossil Botany*.... p. 239.

Williamson comme appartenant à son *Lepidodendron Spenceri* [1].

La taille de l'unique strobile que l'on en connaisse dépassait celle des cônes du *Sp. insignis*.

Ses sporophylles, très courts, semblent avoir été ordonnés en verticilles, dans chacun desquels ils devaient se trouver réunis au nombre de quatorze ou quinze.

Dans son axe, on remarque un cylindre ligneux centripète, complètement dépourvu de moelle et de parenchyme conjonctif, et à la périphérie duquel on peut observer environ trente pôles proéminents, constitués par de petits vaisseaux spiralés.

Par le grand nombre de ces pôles, et par la continuité du tissu scléreux dans la région externe de l'écorce de son axe, le *Sp. majusculus* diffère profondément du *Sp. insignis*.

En outre, les spores du *Sp. majusculus* sont plus petites que celles du *Sp. insignis*, et elles présentent un aspect très spécial. Elles ont, en effet, la forme des quadrants d'une sphère, et on les trouve même quelquefois encore groupées par quatre ; elles présentent alors la même disposition relative que les quadrants en question.

Elles sont en outre pourvues de trois ailes qui s'insèrent le long de leurs angles. Ces ailes sont très minces et pourraient bien n'avoir jamais été creuses [2].

Sp. membranaceus Kubart. — Dernièrement, M. Bruno Kubart a signalé sous le nom de *S. membranaceus* un nouveau type de spores de *Spencerites*, rencontrées en Autriche, dans le terrain houiller [3].

1. Scott, *On* Spencerites... (*loc. cit.*), p. 94-97.
2. *Ibid.*, p. 97.
3. Kubart, *Untersuchungen über die Flora des Ostrau-Karwiner Kohlenbec-*

Ces spores étaient plus grosses que celles du *Sp. insignis*, et certaines parmi elles ont montré à leur intérieur plusieurs cellules constituant un prothalle. C'est ainsi que l'une d'entre elles possédait à son intérieur sept cellules, dont une centrale, entourée par les six autres, représenterait, d'après M. Kubart, une cellule-mère d'anthéridie.

Lepidocarpon. — Une autre catégorie de strobiles, désignés sous le nom générique de *Lepidocarpon* par M. Scott [1], se distinguent des précédents par un certain nombre de caractères très importants.

Certains d'entre eux, qui constituent le *L. Lomaxi* Scott (fig. 29), proviennent des « lower coal-measures » du Lancashire et du Yorkshire et ressemblent beaucoup aux *Lepidostrobus*, comme organisation générale. De plus, chacun d'eux semble avoir produit une seule sorte de spores. Leur axe possède un anneau de bois centripète, à l'intérieur duquel on remarque un tissu parenchymateux, dont les cellules périphériques, plus petites et plus délicates que les autres, représentent probablement un procambium encore indifférencié.

L'axe ainsi constitué portait de nombreux sporophylles, dont chacun possédait un pédicelle horizontal étroit, terminé à son extrémité distale par une lame dressée. Ce pédicelle montre sur sa face dorsale une côte très accentuée qui, à son extrémité proximale, est

kens : I, Die Spore von Spencerites membranaceus, *n. sp.*, Denksch. k. Akad. Wiss. Wien, Bd. 85, 1909.

1. Scott, *On the structure and affinities of fossil plants from the palæozoic rocks : IV, The seed-like fructification of* Lepidocarpon, *a genus of lycopodiaceous cones from the carboniferous formation*, Phil. Trans. roy. Soc. London, t. 194, 1900, p. 291-326, et pl. 38-43.

décurrente sur l'axe. A quelque distance de ce dernier, chacune de ses deux ailes latérales devient étranglée par un sillon longitudinal, qui correspond peut-être aux gouttières stomatifères des feuilles des *Lepidodendron*.

Les sillons ainsi formés délimitent, du côté supérieur, deux coussinets latéraux, constitués par un tissu scléreux, et qui supportaient le sporange correspondant, dans son jeune âge.

L'unique faisceau de chaque sporophylle est collatéral et possède une masse ligneuse mésarche ; dans la lame terminale, il est entouré par un certain nombre d'assises de tissu de transfusion.

Chaque sporange est allongé dans le sens radial, et inséré comme chez les *Lepidostrobus* ; immédiatement au delà de son extrémité distale, on observe une ligule.

Il est assez large à sa partie inférieure, mais il se rétrécit graduellement entre

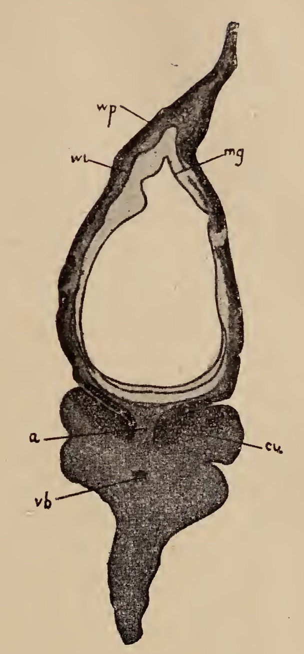


Fig. 29. — *Lepidocarpon Lomaxi*. Sporophylle et sporange, avant la formation du tégument de ce dernier (vus dans une coupe tangentielle du strobile).

cu, Coussinets latéraux du sporophylle ; — *a*, base d insertion du sporange ; — *v.b*, faisceau ligneux ; — *wp*, assise palissadique du sporange ; — *w.i*, partie interne de la paroi de ce dernier ; — *mg*, membrane de la macrospore. – La coupe ne rencontre pas de spores avortées (d'après D. H Scott).

sa base et son sommet, pour se terminer dans cette dernière région par une côte aiguë.

Sa paroi se montre constituée d'abord par une assise de cellules périphériques allongées perpendiculairement à sa surface et, en dedans de celles-ci, par plusieurs assises d'éléments délicats plus ou moins bien conservés. La majeure partie de sa cavité est occupée par une grande macrospore accompagnée à son extrémité distale par trois autres macrospores, beaucoup plus petites. Il possédait donc à l'origine une tétrade unique de macrospores, dont une seule s'est développée.

A sa maturité, il était recouvert latéralement, ainsi qu'à son extrémité proximale, par un tégument constitué grâce à un allongement progressif des faces latérales du sporophylle sous-jacent ; dans le reste de son étendue, il était protégé par le sporophylle lui-même.

L'enveloppe ainsi formée demeurait ouverte à son sommet suivant une fente étroite, allongée radialement, et qui s'étendait sur presque toute la longueur du sporange.

M. Scott a observé quelquefois des macrospores de *Lepidocarpon Lomaxi* remplies par un prothalle dont l'aspect rappelle celui d un prothalle d'*Isoëtes* ou de *Selaginella*, mais il n'a pu y reconnaître d'archégones avec certitude.

Il a enfin considéré un petit cône pourvu de microsporanges et rapporté par M. Maslen à son *Lepidostrobus Oldhamius* γ comme constituant probablement un strobile mâle de *Lepidocarpon Lomaxi* [1]. Il est intéres-

1. Scott, *The seed-like fructification of* Lepidocarpon... (*loc. cit.*), p. 312-314.

sant de constater que les microsporanges en question étaient pourvus d'un tégument, lequel, toutefois, était moins développé que celui des macrosporanges qui viennent d'être décrits.

Ainsi, les *Lepidocarpon* possédaient deux sortes de strobiles, comprenant exclusivement, les uns, des macrosporanges, les autres, des microsporanges.

Les premiers, ainsi que cela a été dit précédemment, présentaient une organisation générale rappelant beaucoup celle des *Lepidostrobus*.

Dans leur partie supérieure, comme l'a montré nettement un spécimen récolté et préparé par M. Wild, ils possédaient des macrosporanges nus, semblables à ceux des *Lepidostrobus*. Dans leur région basilaire, au contraire, les macrosporanges, complètement développés, étaient recouverts par un tégument [1].

Ces organes semblent avoir été indéhiscents et s'être détachés des plantes-mères tout entiers, d'un seul coup. Par leur tégument, leur micropyle et leur unique macrospore fertile, équivalente à un sac embryonnaire, ils rappellent les graines des *Spermophytes* [2]. Il est intéressant à ce sujet de rappeler qu'un certain nombre d'entre eux, rencontrés à l'état isolé, ont été confondus jadis par Williamson avec le *Cardiocarpon anomalum* Carruthers [3].

Leurs fentes micropylaires, il est vrai, sont très

1. Cf. Scott, *The seed-like fructification of* Lepidocarpon... (*loc. cit.*), p. 293.
2. Scott, *The seed-like fructification of* Lepidocarpon... (*loc. cit.*), p. 320.
3. Williamson, *On the organisation of the fossil plants of the coal-measures :* part. VIII, Phil. Trans. roy. Soc., London, 1877, p. 254 ; part. X, *ibid.*, 1880, p. 518.

allongées, dans le sens radial, au lieu d'être tubulaires, comme dans les graines ordinaires ; mais cela s'explique par la forme des macrosporanges [1].

Les *Lepidocarpon* diffèrent également des véritables *Spermophytes* en ce que leurs sporophylles prenaient part tout entiers à la formation des organes reproducteurs, lesquels sembleraient ainsi, d'après les définitions ordinaires, constituer plutôt des fruits que des graines. Mais rien n'empêche de supposer que l'on puisse être en présence d'un type de graines très primitif, sensiblement différent du type ordinaire, et présentant des caractéristiques spéciales [2].

L'absence d'embryon ne saurait nullement infirmer cette hypothèse, car, chez la grande majorité des *Gymnospermes* fossiles, on n'en a pas observé non plus, et l'on sait, d'autre part, que, chez les *Cycadées* actuelles, les embryons ne commencent généralement à se développer qu'après la chute des graines.

On ignore totalement si, chez les *Lepidocarpon*, la fécondation des macrospores s'effectuait seulement après leur chute, comme chez l'immense majorité des *Ptéridophytes* hétérosporées actuelles, ou bien sur les plantes mères, comme chez les *Spermophytes*.

Quoi qu'il en soit, on peut très bien supposer que l'évolution des graines ait débuté par la formation d'organes analogues à ceux qui viennent d'être décrits [3].

On connaît une deuxième espèce de *Lepidocarpon*, désignée sons le nom de *L. Wildianum* par M. Scott [4].

1. Scott, *The seed-like fructification of* Lepidocarpon... (*loc. cit.*), p. 321.
2. *Ibid.*, p. 321.
3. *Ibid.*, p. 321-322.
4. *Ibid.*, p. 314-316.

Cette espèce est représentée par des macrosporanges isolés, organisés à peu près de la même manière que ceux du *L. Lomaxi*, et provenant de la « Calciferous Sandstone series » de Pettycur, en Ecosse. Il est très intéressant de constater la présence d'organes reproducteurs aussi perfectionnés dans des couches géologiques aussi anciennes.

Miadesmia. — On en retrouve d'analogues chez une *Lycopodiacée* herbacée très curieuse, le *Miadesmia membranacea* Bertrand, dont les organes végétatifs ont été découverts dans les « lower coal-measures » d'Angleterre [1].

Chez cette espèce, la tige, très étroite, se ramifiait par dichotomie inégale, c'est-à-dire que l'une des branches de chaque fourche s'y développait beaucoup plus que l'autre. En outre, elle possédait une masse ligneuse centripète, constituée principalement par des vaisseaux scalariformes, et également, à sa périphérie, par quelques groupes de trachées. Autour de son cylindre central, on remarque des trabécules comparables à celles des *Sélaginelles*.

Les feuilles semblent avoir été disposées suivant quatre rangées ; chacune d'elles possède une ligule très nette, incluse dans une dépression assez profonde, et sa lame est contournée par une zone membraneuse comprenant une assise unique de cellules ; cette zone est subdivisée sur ses bords en poils unisériés. Chaque feuille possède en outre un faisceau dont la partie

1. Voir, au sujet de cette espèce : C. Eg. Bertrand, *Sur une nouvelle Centradesmide de l'époque houillère*, Ass. fr. av. Sc., Caen, 1894, p. 588-593 ; — Benson, Miadesmia membranacea *Bertrand, a new palæozoic Lycopod with a seed-like structure*, Phil. Trans. roy. Soc. London, t. CIC, 1908.

ligneuse est réduite à deux ou trois trachées seulement.

On ne connaît pas les microsporanges du *Miadesmia membranacea*, mais on en connaît les macrosporanges (voir fig. 30). Ses sporophylles sont groupés en strobiles assez lâches. Chaque macrosporange est inséré sur la face supérieure d'un sporophylle, à son extrémité

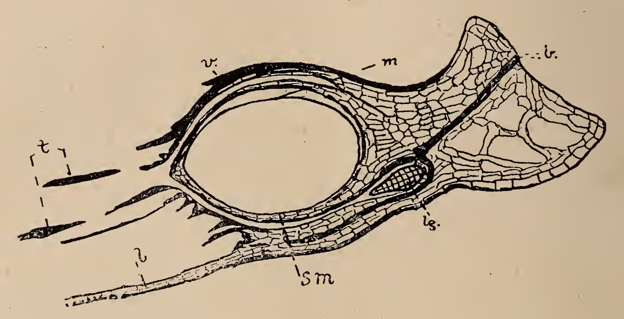


Fig. 30. — *Miadesmia membranacea* : Coupe radiale d'un organe femelle comparable à une graine.

t, Tentacules ; — *v*, tégument ; — *sm*, paroi du sporange ; — *m*, membrane de la macrospore ; — *v.b*, faisceau ligneux ; — *lg*, ligule (d'après R. Scott).

proximale ; au delà de son point d'insertion, on remarque une ligule. En outre, il est entouré par un tégument, pourvu d'un micropyle étroit à son extrémité distale, et qui possède de longs appendices sur sa face externe ; le rôle de ces appendices a pu être de retenir les gamètes mâles, et, par conséquent, de faciliter la fécondation.

Enfin, il contient une seule macrospore, laquelle est quelquefois remplie par un prothalle.

On a donc affaire là à des organes plus proches des

vraies graines que ne l'étaient les macrosporanges des *Lepidocarpon*, principalement par ce fait que l'on n'y observe pas de macrospores avortées.

A d'autres égards, le *Miadesmia membranacea* rappelle surtout les *Sélaginelles*, notamment en raison de sa structure anatomique, de la forme de ses sporanges et de l'existence de sa ligule.

On peut encore retrouver, dans les fructifications de quelques plantes actuelles, certains caractères intermédiaires entre ceux des *Ptéridophytes* hétérosporées ordinaires et ceux des *Spermophytes*.

C'est ainsi que, chez le *Selaginella apus*, les oosphères sont ordinairement fécondées alors que les macrospores qui les contiennent ne sont pas encore détachées des strobiles dont elles font partie [1].

En outre, chez cette espèce, comme chez le *Selaginella rupestris*, en étudiant divers strobiles desséchés, partiellement inclus dans le sol, et dont les macrospores avaient été fécondées antérieurement, Miss Lyon a vu sortir des macrosporanges plusieurs jeunes plantules, pourvues de cotylédons et de racines. Le développement de ces dernières commençait sur la plante mère, comme chez les *Phanérogames*.

Enfin, chez le *S. rupestris*, Miss Lyon a encore constaté parfois la présence, dans chaque macrosporange, d'une seule macrospore, au lieu de quatre.

En résumé, la principale conclusion qui ressort des considérations précédentes, c'est que, chez certaines *Lycopodiacées* de l'époque houillère (*Lepidocarpon Lo-*

1. Miss Lyon, *A study of the sporangia and gametophytes of* Selaginella apus *and* S. rupestris, Bot. Gazette, t. XXXII, 1901.

maxi, Miadesmia membranacea) et même de l'époque du Culm (*Lepidocarpon Wildianum*), on observe des organes reproducteurs plus compliqués que ne le sont ceux des autres représentants de la même famille ; par certains de leurs caractères, ces organes rappellent plutôt de vraies graines que des macrospores de *Ptéridophytes*.

La découverte des fossiles en question, dont les affinités avec les *Lycopodiales* sont manifestes, à bien des points de vue, nécessitera peut-être un jour de modifier la classification de ce groupe important de végétaux. M. Lester Ward les a d'ailleurs déjà distingués en les réunissant sous le nom spécial de *Lépidospermées* [1].

1. *Palæozoic Seed-plants*, Science, 26 août 1904.

CHAPITRE II

Sigillaria *Brongniart.*

Les Lycopodiales arborescentes fossiles comprenaient, outre les *Lépidodendrées*, un grand nombre de formes, connues sous le nom générique de *Sigillaria* Brongniart.

Morphologie externe. — Ces dernières, dont les organes souterrains étaient semblables à ceux des *Lepidodendron*, constituaient des arbres de grande taille : leurs tiges pouvaient atteindre une hauteur de plus de 30 mètres, et mesurer à leur base plus d'un mètre de diamètre.

Ce diamètre était susceptible de diminuer considérablement entre la base et le sommet des tiges, dont la forme générale rappelait alors celle d'un tronc de cône très allongé. Il en était ainsi, par exemple, pour un tronc de *Sigillaria reniformis* Brgnt, recueilli en place près de Saarbrück, dont la hauteur atteignait à peu près 6 mètres, et dont le diamètre variait de 2 mètres à 0 m. 35 environ, entre la base et le sommet [1].

D'autres fois, au contraire, le diamètre des tiges ne variait guère d'un niveau à un autre, et les organes en question, considérés dans leur ensemble, avaient presque la forme de cylindres étroits. M. Zeiller a signalé,

1. Cf. Scott, *Studies in fossil botany*, 2e éd., p. 204.

comme provenant de l'Escarpelle, près de Valenciennes, un spécimen ainsi constitué. Ce spécimen, qui a pu être suivi durant une longueur de 22 mètres, mesurait 60 centimètres de diamètre à son extrémité inférieure, et, à son extrémité supérieure, il en mesurait 50 [1].

Malgré la grande hauteur qu'elles étaient susceptibles d'atteindre, les tiges des *Sigillaires* demeuraient généralement simples jusqu'à leur sommet. Chez certaines espèces cependant, telles que les *S.* (*Favularia*) *elegans* Sternb., sp., *S.* (*Clathraria*) *Brardi* Brgnt., *S. Eugenii* Stur, *S. tessellata* Brgnt, on les a vues se subdiviser une ou plusieurs fois, d'une manière dichotome [2]. Dans les collections du Muséum d'histoire naturelle de Paris, j'ai rencontré l'empreinte et la moitié du moule externe d'un fragment de tige de *Sigillaria elegans*, bifurqué à son sommet. Ce fragment, très aplati, mesurait environ 8 centimètres de largeur à sa base et 6 à ses extrémités.

Il est rare de trouver, chez les *Sigillaires*, des feuilles encore adhérentes au sommet des tiges ou de leurs ramifications. M. Grand'Eury a cependant décrit un tronc de *S. lepidodendrifolia* recouvert sur une longueur de 3 mètres à partir de son sommet par des feuilles rigides, longues de plus d'un mètre [3].

1. Zeiller, *Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes*, p. 512.

2. Cf. notamment Stur, *Die Culm-Flora...*, Heft II, pl. 25, fig. 2, 3 ; George Wild, *On section of shaft sunk through the middle coal-measures at Bardsley Colliery, and interesting discovery of Calamites*; Manchester geol. Soc., Feb. 2, 1886 ; — Kidston, *On the fossil Flora of the Yorkshire coal-field* (second paper), Trans. roy. Soc. Edinburgh, vol. XXXIX, part. I, 1898, p. 47 ; — B. Renault, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, 2e partie, pl. 35 ; — Zeiller, *Eléments de paléobotanique*, p. 194.

3. *Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France*, Mém. sav. étrang. Ac. sc., 1877, p. 156.

Les empreintes des tiges de *Sigillaires* ont été classées principalement d'après la forme et l'organisation de leurs cicatrices foliaires, ainsi que d'après la disposition relative de ces dernières.

Chacune des cicatrices en question rappelle dans ses traits essentiels celles des *Lepidodendron*. Elle présente un contour sensiblement hexagonal, avec des angles plus ou moins arrondis, et, dans sa région supérieure, on remarque trois cicatricules disposées suivant une même rangée horizontale (fig. 33, *ep.*).

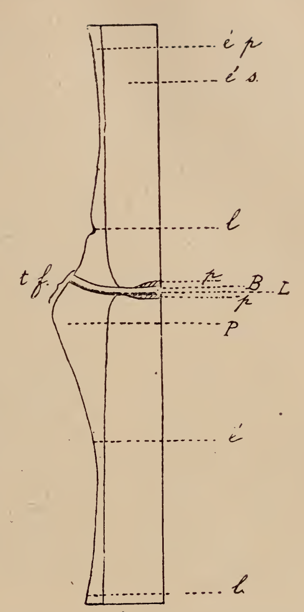


Fig. 31. — Coupe longitudinale schématique d'une côte de *Sigillaria scutellata* Brongnt.

é, épiderme ; — *ép*, écorce primaire ; — *és*, périderme (écorce secondaire) ; — *P*, parenchyme de la base d'une feuille ; — *t. f.*, position d'une cicatrice foliaire ; — *l*, fossettes ligulaires de deux feuilles successives ; — B. bois de la trace foliaire ; — L. son liber ; — *p*, parichnos (d'après E.-A. Newell Arber et Hugh H. Thomas).

La cicatricule médiane, ponctiforme ou étirée dans le sens transversal, représente la trace d'un faisceau foliaire ; quant aux deux latérales, elles sont en forme de croissants, ou bien plus ou moins rectilignes, et elles marquent la place de deux groupes de parichnos. Enfin, immédiatement au-dessus de la cicatrice foliaire, on observe une fossette ligulaire (voir fig. 31).

Le genre *Sigillaria* a été démembré en plusieurs sous-genres qui ont même parfois été considérés comme de véritables genres [1].

On y a distingué deux groupes principaux : celui des *Eu-Sigillariæ* Weiss, et celui des *Sub-Sigillariæ* Weiss.

Le premier de ces groupes est caractérisé par l'existence, à la surface des tiges, de côtes longitudinales séparées les unes des autres par des sillons assez étroits, et pourvues chacune d'une série de cicatrices foliaires situées les unes au-dessous des autres.

Chez les représentants du deuxième groupe, au contraire, les tiges sont dépourvues de côtes.

Dans la série des *Eu-Sigillariæ*, on peut distinguer plusieurs types, au point de vue de la disposition des cicatrices foliaires.

Rhytidolepis. — Chez les individus constitués suivant le type *Rhytidolepis* (fig. 32), par exemple, les côtes sont indivises et séparées les unes des autres par des sillons tout à fait rectilignes (*S. mamillaris* Brgnt., *S. elliptica* Brgnt.).

Polleriana. — Lorsqu'au contraire chacune des côtes est subdivisée en trois ou cinq zones longitudinales, dont la médiane, plus large que les autres, porte seule des cicatrices foliaires (fig. 32), on a affaire au type *Polleriana* (*S. elongata* Brgnt.).

Tessellata. — Dans d'autres cas, les côtes, au lieu de se subdiviser dans le sens longitudinal, peuvent montrer, entre les cicatrices foliaires, des sillons transversaux plus ou moins nets, mais ne s'étendant pas

1. Voir notamment, au sujet de ces diverses subdivisions : Potonié, *Sigillariaceæ*, in Engler und Prantl, *Die natürlichen Pflanzenfamilien...*, I. Theil, Abteilung 4, 1902, p. 748-750, fig. 442-445 et 449-450.

suivant toute leur largeur (fig. 32). Le type *Tessellata* se trouve ainsi réalisé (*S. tessellata* Brgnt.).

Favularia. — Un autre type enfin, le type *Favularia*

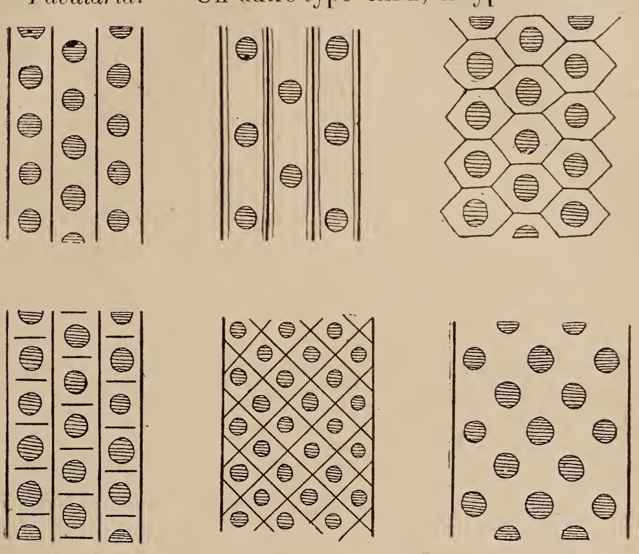


Fig. 32. — Schémas montrant l'ornementation de la tige dans les divers types de *Sigillaires*. Les cercles représentent les cicatrices foliaires. On a successivement :
En haut, de gauche à droite, les types *Rhytidolepis, Polleriana, Favularia* ; en bas, de gauche à droite, les types *Tessellata, Clathraria, Leiodermaria* (d'après M. Potonié).

(fig. 32), est caractérisé par le fait que les sillons transversaux dont il vient d'être question arrivent à s'étendre suivant toute la largeur des côtes, et aussi par cet autre fait que les sillons intercostaux dessinent des zigzags au lieu d'être rectilignes (*S. alveolaris* Sternb. et *elegans* Sternb., sp.).

Il importe de remarquer que ces divers modes de disposition des cicatrices foliaires sont susceptibles de se transformer les uns dans les autres sur les mêmes individus. C'est ainsi que, à la base d'un fragment de tige décrit par M. Potonié, les cicatrices sont très éloignées les unes des autres, et présentent la disposition caractéristique du type *Rhytidolepis*. A partir d'une certaine hauteur, elles deviennent plus rapprochées et sont séparées les unes des autres par des sillons transversaux incomplets, comme dans les formes organisées suivant le type *Tessellata*. Enfin, au sommet du même échantillon, elles redeviennent moins serrées, et tendent à s'ordonner de nouveau suivant le type *Rhytidolepis* [1].

La coexistence, sur les mêmes échantillons, de plusieurs des types qui viennent d'être décrits peut être due dans certains cas à des différences de niveaux et par conséquent d'âge, les régions les plus anciennes possédant des cicatrices plus éloignées les unes des autres que ne le sont celles des portions plus jeunes. Mais elle peut être due également à des accélérations et à des ralentissements successifs dans la croissance, déterminés eux-mêmes sans doute par des variations dans la nutrition et dans la température ambiante, ou bien encore par la production de strobiles [2].

Parmi les *Sub-Sigillariæ*, dont les tiges, contrairement aux précédentes, sont dépourvues de côtes, on a distingué deux groupes, considérés par certains auteurs

1. Voir Potonié, in Engler und Prantl, *Die natürlichen Pflanzenfamilien...*, 1 Theil, 4 Abteilung, fig. 446.

2. Cf. notamment Zeiller, *Eléments de paléobotanique*, p. 192, — et Potonié, *Sigillariacee*, (*loc. cit.*), p. 749.

comme de véritables genres et désignés sous les noms de *Clathraria* et *Leiodermaria.*

Clathraria. — Chez les formes du premier de ces groupes, représenté notamment par le *S. Brardi* Brgnt., les cicatrices foliaires sont situées sur des coussinets très nets, presque adjacents, et entre lesquels on remarque des sillons entre-croisés qui dessinent des zig-zags plus ou moins compliqués (fig. 32).

Leiodermaria. — Chez les *Leiodermaria* (*S. spinulosa* Germar...), les cicatrices foliaires, généralement assez éloignées les unes des autres, ne sont plus situées au sommet de coussinets proéminents (fig. 32).

On connaît divers échantillons, recueillis tant en France qu'en Angleterre et en Allemagne, à la surface desquels les caractères des deux types précédents coexistent et se transforment l'un dans l'autre : le *S. spinulosa* apparaît ainsi comme une simple forme du *S. Brardi*[1].

On a également observé des termes de passage entre le groupe des *Eu-Sigillariæ* et celui des *Sub-Sigillariæ*. C'est ainsi que certains *Favularia* arrivent à se distinguer à peine des *Clathraria* typiques, leurs cicatrices foliaires étant situées à l'intérieur d'espaces hexagonaux nettement distincts les uns des autres [2].

Néanmoins, dans la majorité des cas, on peut distinguer sans équivoque les *Sigillariæ* en *Eu* et *Sub-Sigillaria*. Mais les autres subdivisions n'ont aucune valeur systématique.

M. Kidston a décrit un tronc de *Sigillaire* pourvu de

1. Cf. Zeiller, *Eléments de paléobotanique*, p. 193, et fig. 136 ; — Potonié, *Sigillariaceæ* (*loc. cit.*), fig. 451.

2. Cf. Zeiller, *Eléments de paléobotanique*, p. 194.

côtes et particulièrement intéressant en ce qu'il lui a permis de constater que le nombre des feuilles, dans le sens transversal, s'y est accru avec l'âge, malgré une diminution progressive de diamètre de l'échantillon [1].

Ce dernier, conservé dans le Sunderland Museum, était légèrement décortiqué et mesurait un peu plus de deux mètres dans le sens de sa hauteur. A sa base, où son contour mesurait aussi deux mètres environ, sa surface montrait vingt-neuf côtes assez larges. A une distance de sa base égale à 1/3 de sa hauteur totale, un grand nombre de ces côtes étaient bifurquées. Aux 2/3 de l'étendue qui séparait sa base de son sommet, alors que son contour ne mesurait plus qu'un mètre, il possédait quarante côtes; tout près de son sommet enfin, M. Kidston en a compté quarante-cinq.

La majorité des côtes ainsi surajoutées ne proviennent pas de la bifurcation de côtes situées à un niveau inférieur ; elles commencent à apparaître entre ces dernières, et elles sont alors étroites et pointues, comme celles qu'a observées M. Zeiller dans deux spécimens appartenant, l'un au *S. lævigata* Brgnt., l'autre au *S. tessellata* Brgnt. [2].

Tiges décortiquées. — Il peut arriver que les tiges des *Sigillaires*, comme celles des *Lepidodendron*, aient été dépouillées d'une épaisseur plus ou moins grande de leur écorce externe, avant la fossilisation. Ce sont de tels échantillons que Sternberg a désignés sous les noms génériques de *Syringodendron* et *Catenaria*.

1. Kidston, *On the fossil Flora of the Yorkshire coal-field* (*loc. cit.*), p. 46, 47.

2. *Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes*, p. 520, 566 ; pl. 78, fig. 3, et pl. 85, fig. 1.

Schimper a figuré un spécimen de *S. tessellata* très intéressant en ce que l'on peut observer à sa périphérie

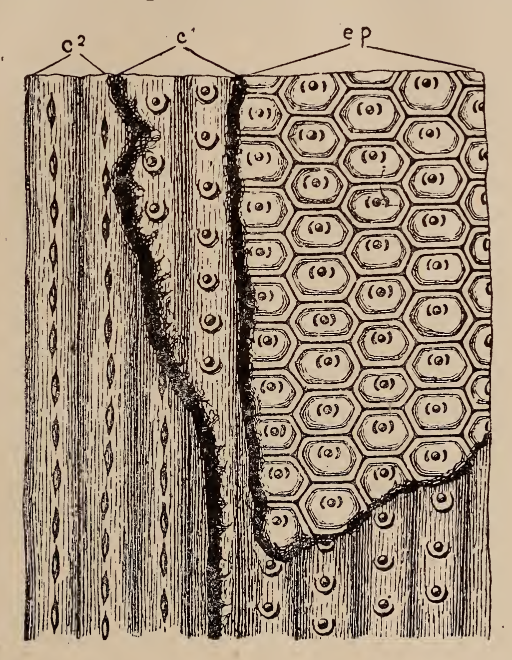


Fig. 33, — *Sigillaria tessellata :* vue superficielle d'une tige plus ou moins décortiquée dans une partie de son étendue.

ep, Surface de la région non décortiquée, montrant les coussinets foliaires avec la trace du faisceau ligneux et celles des deux groupes de parichnos ; — c^1, surface subépidermique ; — c^2, surface encore plus profonde, présentant les caractères du type *Syringodendron* (d'après Schimper).

des surfaces plus ou moins profondes, suivant les régions considérées (voir fig. 33). A un certain endroit

(*ep*), on remarque la surface extérieure même de la tige primitive, avec des cicatrices foliaires très nettes. Ailleurs (c^1), on ne rencontre plus de cicatrices, les assises les plus externes de l'écorce ayant disparu, mais on observe encore nettement les traces de faisceaux foliaires. Enfin, dans le reste de son étendue (c^2), le spécimen considéré est dépouillé d'une épaisseur de son écorce encore plus considérable. On y distingue toujours les côtes, mais non plus les faisceaux ligneux. Autour de chacun des espaces traversé jadis par l'un de ces faisceaux, on remarque un contour lenticulaire représentant la trace de l'unique amas de parichnos qui existait au niveau en question. C'est sous des aspects analogues à celui de cette dernière région que se présentent les tiges désignées sous le nom générique de *Syringodendron*. A la surface de ces tiges, les traces des cordons de parichnos peuvent atteindre une grande taille et, quelquefois, mesurer presque 2 centimètres de diamètre dans le sens vertical. Cette taille est d'autant plus grande que les spécimens considérés sont plus âgés et leur écorce plus épaisse.

Structure anatomique. — Certains fragments de tiges de *Sigillaires* ont été rencontrés dans un état de conservation qui a permis d'en étudier la structure anatomique. Malheureusement, on n'a que très rarement observé leurs cicatrices foliaires, ce qui a empêché, dans la plupart des cas, de les classer d'après le même critérium que les spécimens conservés à l'état d'empreintes.

Sigillaria Menardi. — Le premier de ces fragments qui ait été étudié [1] a justement montré sur une portion

1. Voir à ce sujet : Brongniart, *Observations sur la structure intérieure du*

de sa surface externe un certain nombre de cicatrices très nettes, et Brongniart l'a considéré comme correspondant au *Sigillaria* (*Favularia*) *elegans* Sternberg ; en réalité, il doit être rapporté au *Sigillaria* (*Clathraria*) *Menardi* Brgnt, lequel paraît représenter une forme jeune du *Sig. Brardi* Brgnt. M. Zeiller, en émettant cette opinion, rappelle que le niveau géologique auquel a été rencontré le *Sig. elegans* est plus ancien que celui des quartz d'Autun, d'où provient le spécimen étudié par Brongniart, et que cette dernière espèce ne se rencontre pas au-dessus du faisceau de Rive-de-Gier, dans le houiller supérieur [1].

Quoi qu'il en soit, l'échantillon en question (fig. 34), qui mesurait environ 2 centimètres de longueur et 4 centimètres de diamètre, a montré à son intérieur, en coupe transversale, un anneau ligneux dont le diamètre atteignait à peu près 16 millimètres, et l'épaisseur, 1 millimètre seulement. Cet anneau est constitué par plus de quarante faisceaux, dont chacun possède un massif de bois primaire centripète, suivi, du côté externe, par une certaine quantité de bois secondaire centrifuge. Ces divers faisceaux sont très proches les uns des autres, mais non coalescents. Dans chacun d'eux, la trace du bois primaire a une forme de croissant, dont la concavité, tournée du côté extérieur, est tapissée par des trachées ; quant à celle du bois secondaire, elle est

Sig. elegans, Arch. Mus. hist. nat., vol. I, 1839 ; — Renault, *Structure comparée de quelques tiges de la flore carbonifère*, Nouv. Arch. Mus. hist. nat., 1879, p. 262, et pl. 11, fig. 13 ; — Renault, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, p. 200 ; pl. 36, fig. 8-11, et pl. 37, fig. 3-7.

1. Zeiller, *Cônes de fructifications de Sigillaires*, Ann. Sc. nat., Bot., 6e série, t. XIX, 1884, p. 259.

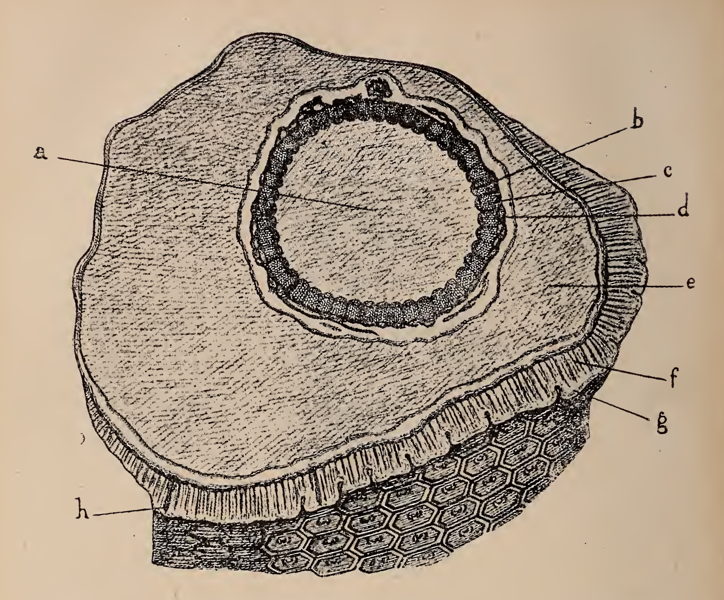


Fig. 34. — *Sigillaria Menardi* (type *Clathraria*) : représentation de l'échantillon-type de Brongniart, montrant la section transversale de ce dernier et une portion de sa surface avec les cicatrices foliaires.

a, moelle ; — *b*, bois primaire fragmenté en un grand nombre de faisceaux ; — *c*, bois secondaire ; — *d*, zone libérienne ; — *e*, région moyenne de l'écorce ; — *f*, périderme ; — *g*, base de feuille ; — *h*, faisceau foliaire (d'après Brongniart).

constituée par des séries radiales de vaisseaux scalariformes, alternant avec des rayons parenchymateux presque aussi larges que ceux qui séparent les faisceaux.

La partie vasculaire de chaque trace foliaire s'insère sur la face concave de l'un des faisceaux ligneux primaires ; elle comprend, du côté interne, une portion

centripète et, en dehors de cette dernière, une portion centrifuge, qui se raccorde avec le bois secondaire de la tige.

L'écorce de celle-ci montre vers sa périphérie un périderme dont les éléments sont disposés radialement, et, en dehors de ce périderme, une zone d'origine primaire, à la surface de laquelle se trouvent les cicatrices foliaires.

S. reniformis. — Dans un autre fragment de tige de Sigillaire, réduit à sa partie ligneuse, et rapporté par Williamson [1] au *S.* (*Rhytidolepis*) *reniformis*, le bois primaire constituait un anneau *continu*, crénelé sur sa face externe, comme chez les *Lepidodendron*, et non plus un nombre plus ou moins grand de faisceaux *distincts*, comme c'était le cas chez le *S. Ménardi*.

Sigillaria sp. — Il en était encore de même dans un échantillon du type *Rhytidolepis*, recueilli en Angleterre et qui n'a pu être déterminé spécifiquement [2].

S. elongata. — M. C. Eg. Bertrand a observé une structure analogue dans un spécimen de *S. elongata* pourvu de soixante-douze côtes à sa périphérie, et provenant de la mine de Glaneuse, située dans le district d'Haidinghen (Pas-de-Calais) [3].

S. elegans. — M. Kidston a décrit en détails, il y a quelques années, un échantillon de *S.* (*Favularia*) *elegans* provenant des environs d'Huddersfield, Yorkshire, c'est-à-dire de roches rapportées aux « lower coal-

1. *On the organisation of the fossil plants of the coal-measures*, part. II, Phil. Trans. roy. Soc. London, vol. CLXII, 1872.

2. Cf. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 226, 227, et fig. 93.

3. C. Eg. Bertrand, *On the structure of the stem of a ribbed* Sigillaria, Ann. of Bot., 1899, p. 607-609.

measures[1] ». Cet échantillon montrait, en une région de sa surface externe, une rangée de cicatrices foliaires très nettes ; dans le reste de son étendue, il était dépouillé des assises les plus externes de son écorce, et laissait voir des traces foliaires accompagnées chacune, du côté inférieur, par un massif de parichnos demi circulaire.

Son anneau de bois primaire, *continu* et épais de 0 mm. 70, était assez profondément ondulé à sa périphérie et, sur sa face interne, il montrait également des proéminences plus ou moins irrégulières. Il était en outre dépourvu de parenchyme, sauf dans sa région la plus interne, où les vaisseaux se trouvaient parfois isolés au milieu d'îlots de cellules.

Son bois secondaire, épais d'environ 0 mm. 75, possédait des séries radiales de vaisseaux qui alternaient avec des rayons parenchymateux, constitués par une ou deux assises de cellules dans le sens de leur épaisseur, et par un nombre d'assises variant de un à neuf dans le sens de leur hauteur.

Ses traces foliaires étaient dépourvues de bois secondaire, et leur partie ligneuse avait une structure mésarche.

En somme, l'organisation qui vient d'être décrite rappelle beaucoup celle du *S. elongata* décrite par M. C.-Eg. Bertrand ; toutefois, chez le *S. elegans*, les protubérances externes du bois primaire étaient arrondies, au lieu d'être pointues comme chez le *S. elongata*.

1. Kidston, *On the internal structure of* Sigillaria elegans *of Brongniart's « Histoire des végétaux fossiles »*, Trans. roy. Soc. Edinburgh, vol. XLI, part. III, 1905, p. 533-548.

S. mamillaris et scutellata. — Chez les *Sigillaria (Rhytidolepis) mamillaris* Brgnt. et *scutellata* Brgnt., les côtes de l'anneau *continu* de bois primaire sont moins accentuées que chez le *S. elegans ;* chez le *S. scutellata*, elles sont très peu prononcées et il est parfois difficile de délimiter les pôles [1].

S. scutellata. — La structure de la tige d'une autre espèce, le *S. scutellata* Brgnt., a été décrite dernièrement avec beaucoup de détails par MM. Arber et Thomas [2]. Cette tige était pourvue de côtes constituées principalement par du phelloderme, et, en dehors de ce dernier, par quelques assises d'écorce primaire : d'après cela, il semble bien que les tissus corticaux secondaires se soient produits exclusivement à l'intérieur du méristème [3].

Un peu au-dessus des cicatrices foliaires, MM. Arber et Thomas ont remarqué des fossettes ligulaires et même des restes de ligules, ce qui n'avait encore jamais été observé chez aucune *Sigillaire* à structure conservée.

Quant aux cicatrices elles-mêmes, chacune d'elles montre la trace d'un faisceau collatéral, dépourvu de bois secondaire, et comprenant deux masses ligneuses distinctes qui se réunissent en une seule dans l'écorce de la tige.

Ce faisceau est accompagné par deux cordons de

1. Cf Kidston, *Preliminary note on the internal structure of* Sigillaria mamillaris *and* scutellata *Brgnt*, Proc. roy. Soc. Edinburgh, vol. XXVII, part. III, (nº 21), 1907, p. 203-206.

2. Arber et Thomas, *On the structure of* Sigillaria scutellata *Brgnt and other Eusigillarian stems, in comparison with those of other palæozoic Lycopods*, Phil. trans. roy. Soc. London, série B, vol. CC, 1907, p. 139-159.

3. Arber et Thomas, *loc cit.*, p. 144.

parichnos qui arrivent peu à peu à se fusionner en un seul, dont il est alors complètement entouré. Quand il a atteint le bois secondaire de la tige, il traverse un de ses rayons parenchymateux, en formant d'abord un angle d'environ 60° avec la verticale, après quoi il devient presque horizontal ; arrivé auprès du bois primaire, il se recourbe de nouveau vers le bas, parallèlement à la surface de ce dernier, avec lequel il finit par se fusionner.

M. Kidston [1] a remarqué dans le magma qui contenait le fragment de *S. scutellata* étudié par lui plusieurs coupes transversales de feuilles qu'il a considérées comme ayant appartenu probablement à cette dernière espèce. Certaines de ces coupes lui ont montré deux masses ligneuses distinctes, comme les cicatrices foliaires décrites par MM. Arber et Thomas.

B. Renault a désigné autrefois sous le nom de *Sigillariopsis Decaisnei* une portion de tige encore revêtue de feuilles et provenant des terrains permiens de l'Autunois [2]. La structure de cette tige rappelle beaucoup celle du *S. Menardi*. Quant à ses feuilles, elles possédaient chacune, à leur base, deux faisceaux ligneux qui se réunissaient en un seul vers leur sommet.

M. Scott a décrit l'organisation anatomique de feuilles rencontrées dans les « lower coal-measures » d'Angleterre, et pourvues également de deux faisceaux ligneux [3]. Il leur a donné le nom de *Sigillariopsis sul-*

1. Kidston, *Preliminary note...* (*loc. cit.*), p. 206.
2. *Structure comparée de quelques tiges de la flore carbonifère* (*loc. cit.*), p. 270-272.
3. Scott, *On the occurrence of* Sigillariopsis *in the lower coal-measures of Britain*, Ann. of Bot., vol. XVIII, 1904.

cata, pour les distinguer de celles décrites par B. Renault ; elles diffèrent en effet sensiblement de ces dernières, en particulier par l'absence de bois secondaire et par la présence de deux sillons stomatifères analogues à ceux que l'on observe d'habitude à la même place dans les feuilles des *Sigillaires* et des *Lepidodendron*.

En tout cas, leur structure ressemble tout à fait à celle des cicatrices foliaires du *S. scutellata*, auquel elles pourraient bien avoir appartenu [1].

MM. Arber et Thomas ont constaté que, chez le *S. mamillaris* également, à la base d'insertion des feuilles, les traces foliaires étaient pourvues de deux groupes vasculaires [2].

Ainsi, le caractère sur lequel s'est basé Renault pour établir son genre *Sigillariopsis*, c'est-à-dire la présence d'un double faisceau ligneux à la base des feuilles, se retrouve chez deux espèces de *Sigillaires* bien caractérisées ; il est donc probable que ce genre devrait logiquement être confondu avec le genre *Sigillaria* [3].

L'organisation des feuilles a été étudiée chez diverses espèces de *Sigillaires* autres que celles dont il vient d'être question [4].

Leur forme générale est analogue à celle des feuilles des *Lepidodendron*. Elles possèdent sur leur face inférieure deux profonds sillons longitudinaux, situés de part et d'autre d'une proéminence médiane, et à la

1. Arber et Thomas, *On the structure of* Sigillaria scutellata *Brgnt* (*loc. cit.*), p. 148.

2. Arber et Thomas, *Structure of cortex of* Sigillaria mamillaris, Ann. of Bot., vol. XXIII, nº 91, 1909, p. 514.

3. Cf. Kidston, *Preliminary note...* (*loc. cit.*), p. 206.

4. Cf. B. Renault, *Flore fossile d'Autun...* (*loc. cit.*), p. 213-218, et pl. 41.

surface desquels sont distribués tous les stomates, ainsi que cela a déjà été dit.

Leur appareil vasculaire est représenté par un fais-

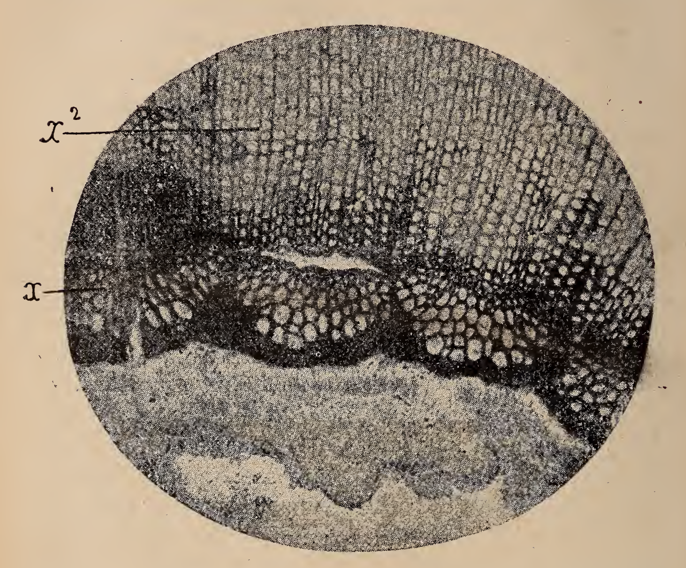


Fig. 35. — *Sigillaria spinulosa :* portion de la coupe transversale d'une tige, montrant :

en x, des faisceaux distincts de bois primaire ; et en x^2 du bois secondaire (d'après M. D.-H. Scott : photographie de M. R. Kidston).

ceau *unique* de bois primaire ; dans l'écorce externe de la tige, il comprend également, sur la face inférieure du bois primaire, une quantité assez importante de bois secondaire. Ce dernier, constitué par des séries rayonnantes de vaisseaux qui alternent avec des rayons de

tissu parenchymateux [1], se réduit à quelques éléments à l'intérieur des feuilles.

Sigillaria spinulosa. — Considérons maintenant le *Sig. spinulosa* qui, comme on le sait, représente le facies leiodermarien du *Sig.* (*Clathraria*) *Brardi*, lequel est considéré lui-même par certains auteurs comme identique au *Sig. Menardi.*

Dans cette hypothèse, les spécimens à structure conservée étudiés par Brongniart, d'une part (*Sig. Menardi*), et, d'autre part, par Renault et M. Grand'Eury [2] (*Sig. spinulosa*), appartiendraient à de simples variétés d'une seule et même espèce. En réalité, ils ont dû appartenir à deux espèces *distinctes*, quoique assez proches l'une de l'autre, en raison de certaines différences qu'ils présentent, principalement dans la structure de leur écorce [3].

Dans la tige du *Sig. spinulosa*, l'anneau de bois primaire est discontinu, mais ses fragments sont d'inégale importance sur une même coupe transversale. Certains d'entre eux sont équivalents aux faisceaux isolés du *Sig. Menardi* (fig. 35) ; d'autres, au contraire, de forme sinueuse, sont bien plus allongés que les précédents, et équivalent à plusieurs faisceaux ordinaires soudés bout à bout (fig. 36) [4]. Rappelons en passant que des faits du même ordre ont été constatés par B. Renault chez son *Sigillarià xylina* [5].

1. B. Renault, *Flore fossile d'Autun...* (*loc. cit.*), pl. 41, fig. 7.

2. Renault et Grand'Eury, *Etude du Sigillaria spinulosa,* Mém. sav. étr. Ac. sc., t. XXII, 1875.

3. Scott, *Studies in fossil botany*, 2e éd., p. 219.

4. Cf. Solms-Laubach, *Fossil Botany*, p. 252, fig. 29 ; — Scott, *Studies in fossil botany*, 2e éd., fig. 90.

5. Renault, *Flore fossile d'Autun...* (*loc. cit.*), p. 238, et pl. 38, fig. 1 *bis.*

Le bois secondaire constitue un anneau épais d'environ 2 centimètres, et tout à fait *continu*, comme chez les espèces précédentes autres que le *Sig. Menardi.*

Chez le *Sig. spinulosà*, ainsi que chez certaines autres espèces, les deux massifs de parichnos qui accompagnent les faisceaux foliaires étaient entourés par des cellules

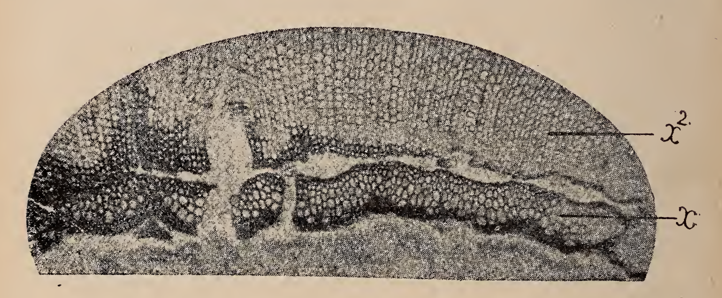


Fig. 36. — *Sigillaria spinulosa :* portion de la coupe transversale d'une tige.

x, bois primaire, constitué : en partie par des faisceaux distincts ; en partie par des faisceaux coalescents ; — x^2, bois secondaire (d'après M. D.-H. Scott : photographie de M. R. Kidston).

allongées radialement, en dedans desquelles se trouvait un tissu délicat parsemé d'éléments sécréteurs [1]. Renault a rencontré une organisation analogue dans les cicatrices des *Syringodendron.* Cette constatation, ainsi que des recherches poursuivies ultérieurement par Coward, démontrent manifestement l'identité des *Syringodendron* et des *Sigillaria*, au point de vue taxonomique [2].

1. B. Renault, *Flore fossile d'Autun...* (*loc. cit.*), pl. 41, fig. 6.

2. Coward, *On the structure of* Syringodendron, *the bark of* Sigillaria, Mem. and Proc. Manchester lit. and phil. Soc., vol. LI, part II, 1907.

La tige du *Sig. spinulosa* diffère de celle du *S. Menardi*, par exemple, non seulement par la disposition de son appareil vasculaire, mais encore par la structure de son écorce secondaire. Celle-ci possède un squelette constitué par un grand nombre de bandes de tissu sclérifié, qui s'anastomosent entre elles dans tous les sens, de façon à constituer un réseau très compliqué, dont les mailles sont remplies par des éléments parenchymateux.

La zone ainsi formée atteignait une très grande épaisseur ; on en a rencontré des fragments épais de 7 ou 8 centimètres.

En résumé, dans les tiges des *Sigillaires*, on peut observer un anneau de bois primaire *continu*, comme dans celles de tous les *Lepidodendron* (*S. elegans, scutellata*...), ou bien *dissocié en faisceaux distincts les uns des autres* (*S. Menardi*...).

Dans le premier cas, chaque portion de l'anneau considéré qui se trouve comprise entre deux proéminences correspond à l'un des faisceaux isolés que l'on observe dans la tige du *Sig. Menardi*, par exemple, et l'anneau total équivaut à l'ensemble de ces faisceaux, réunis bout à bout [1].

M. Kidston a fait remarquer que ce sont les espèces les plus anciennes, au point de vue géologique, qui possèdent dans leurs tiges un bois primaire continu, alors que les espèces les plus récentes rentrent dans la seconde catégorie [2].

Entre ces deux types extrêmes, on a vu qu'il existait

1. Cf. Scott, *Studies in fossil botany*, 2e éd., p. 227.
2. Kidston, *On the internal structure of* Sigillaria elegans (*loc. cit.*), p. 547.

des termes de passage très nets, chez les *S. xylina* et *spinulosa*.

Il s'ensuit que, dans les tiges des Sigillaires, *la continuité et la discontinuité du bois primaire ne peuvent être considérées comme ayant une valeur systématique absolue*.

En outre, d'après les descriptions données précédemment, il est évident que, au point de vue de la structure de l'appareil conducteur des tiges, les *Lepidodendron* et les *Sigillaires* constituent une série continue, ainsi que le montrent clairement les quelques exemples indiqués dans le tableau récapitulatif ci-dessous :

Lepidodendron selaginoides.	Pas de moelle.	Bois secondaire.
L. brevifolium.	Bois primaire constitué par un anneau continu à l'intérieur duquel se trouve incluse une moelle.	
Sigillaria scutellata . . .	Id.	
S. spinulosa	Anneau de bois primaire subdivisé en fragments très inégaux.	
S. Menardi.	Anneau de bois primaire subdivisé en faisceaux tous équivalents entre eux.	

Fructifications. — Etudions après cela les fructifications des *Sigillaires*, connues sous le nom générique de *Sigillariostrobus*.

C'est Goldenberg qui, le premier, a rapporté à des *Sigillaires* plusieurs épis provenant du bassin de Saarbrück, d'après les rapports de position qu'ils présentaient avec ces dernières [1].

1. Goldenberg, *Flora Saræpontana Fossilis*, Heft I, 1855, p. 25 ; pl. B, fig. 18-25 ; pl. IV, fig. 3 ; — Heft II, 1857, p. 1, 19 ; pl. X, fig. 1, 2.

Ultérieurement, M. Zeiller a décrit en détails divers strobiles provenant du bassin houiller du Nord et se rapportant sans aucun doute à des *Sigillaires*[1]. Il a ainsi déterminé d'une manière irréfutable la position systématique du genre *Sigillaria*, qui appartient à l'alliance des *Lycopodiales*, c'est-à-dire au groupe des Cryptogames vasculaires, et non pas à celui des Gymnospermes, comme l'avaient prétendu plusieurs auteurs pour des raisons d'ordre anatomique[2].

S. Tieghemi Zeiller. — Certains de ces cônes ont été désignés par M. Zeiller sous le nom de *S. Tieghemi*. L'un d'entre eux était pourvu d'une portion de son pédoncule. Cette dernière, à laquelle étaient encore attachées de nombreuses feuilles, montrait à sa base des cicatrices foliaires ordonnées comme sur les tiges de *Sigillaires* du type *Rhytidolepis*. Par leur aspect et leur disposition générale, ces cicatrices rappelaient beaucoup celles du *Sigillaria scutellata* ou bien encore celles du *S. polyploca*.

Dans le cône lui-même, les bractées, pointues à leurs sommets et longues de o m. 015 à o m. 020, se trouvaient rétrécies très brusquement dans leur région basilaire, où leurs intervalles étaient remplis par de nombreux corpuscules arrondis. Ces derniers, qui mesuraient près de o m. 002 de diamètre, présentaient une surface lisse, mais pourvue toutefois de trois stries divergentes, issues d'un sommet commun, séparées les unes des autres par des angles de 120°, et souvent reliées entre elles à leurs extrémités distales par trois

1. Zeiller, *Cônes de fructification de Sigillaires*, Ann. Sc. nat., Bot., 6e série, t. XIX, 1884, p. 256-278, et pl. 11, 12.
2. *Ibid.*, p. 262.

proéminences en forme d'arcs de cercle. En les soumettant à l'action de divers réactifs, M. Zeiller a constaté qu'ils étaient bien unicellulaires et ne constituaient nullement des sporanges ni des sacs polliniques, ni à plus forte raison des graines, comme l'avait prétendu jadis Feistmantel [1].

Autres Sigillariostrobus. — Les autres *Sigillariostrobus* étudiés par M. Zeiller ont été répartis par lui dans plusieurs espèces qui diffèrent assez faiblement de la précédente (*S. Souichi* Zeiller, *nobilis* Zeiller, *strictus* Zeiller, *Goldenbergi* Feistmantel), et chez lesquelles il n'a jamais réussi à observer qu'une seule sorte de spores, qui semblent bien avoir été des *macrospores*.

Les *microspores* ont dû être extrêmement petites, comme celles des *Selaginella* et des *Isoëtes*, car il n'en a été observé aucune sur les diverses empreintes dont il vient d'être question. Il est aussi possible que ces deux catégories de spores aient été portées sur des cônes différents. Cela expliquerait le fait que M. Zeiller n'en a rencontré absolument aucune dans les strobiles de son *S. nobilis* : dans cette hypothèse, les strobiles ainsi désignés auraient produit exclusivement des microspores [2].

Chez les *Sigillariostrobus* considérés jusqu'ici, il n'a pas été remarqué de sporanges.

Dans d'autres spécimens provenant des coal-measures du Yorkshire, en Angleterre, M. Kidston a, au contraire, observé des sporanges très nets, et il a, en outre, cons-

1. Feistmantel, *Die Versteinerungen der böhmischen Kohlen-ablagerungen*, Palæontographica, vol. XXIII, 1875-1876, p. 250.
2. Zeiller, *Cônes de fructification... (loc. cit.)*, p. 273.

taté l'existence de deux sortes de spores [1]. Chacun de ces sporanges, de forme ovale, était allongé radialement, et fixé sur la partie proximale d'un sporophylle. Sa paroi semble avoir été en continuité directe avec la portion dressée de ce dernier. Il représenterait ainsi une simple dépression de la portion basilaire d'une bractée, et ses parois seraient constituées par les faces supérieure et inférieure de cette bractée, comme cela a lieu chez les *Isoëtes* [2].

D'après tout ce qui vient d'être dit, il est probable que les spores des *Sigillariostrobus*, comme celles des *Isoëtes*, étaient libérées par suite d'une désorganisation des parois sporangiales, et non pas grâce à un mode de déhiscence régulier et précis des sporanges [3].

Dans un des spécimens de *Sigillariostrobus* étudiés par M. Kidston, et auquel ce dernier n'a pas donné de nom spécifique, il existait, sur les bractées inférieures, des *macrosporanges* contenant des spores à surface lisse, et, sur les bractées supérieures, d'autres sporanges pourvus à leur intérieur de fines granulations qui doivent représenter des *microspores* [4].

Certaines cicatrices assez spéciales [5], observées fréquemment sur les tiges des *Sigillaires*, dans les intervalles séparant les séries verticales de cicatrices foliaires, ou bien entre les cicatrices foliaires d'une même série longitudinale, ont été considérées comme représentant

1. Kidston, *On the fossil flora of the Yorkshire coal-fields* (*Second paper*), Trans. roy. Soc. Edinburgh, vol. XXXIX, part I, 1898, p. 33-59.
2. *Ibid.*, p. 54.
3. Zeiller, *Cônes de fructification...* (*loc. cit.*), p. 278.
4. Kidston, *On the fossil flora...* (*loc. cit.*), p. 49, 50.
5. Voir notamment Zeiller, *Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes*, pl. 87, fig. 5.

les lieux d'insertion des strobiles. Chacune d'elles possède une cicatricule centrale qui doit correspondre à un cylindre ligneux.

En tout cas, d'après ce qui vient d'être dit, il est évident que les *Sigillaires* constituent des *Lycopodinées* hétérosporées.

CHAPITRE III

STIGMARIA *Brongniart.*

Il importe d'étudier maintenant les organes souterrains des *Lepidodendron* et des *Sigillaires*, impossibles à distinguer les uns des autres, ainsi que je l'ai déjà rappelé, et que l'on classe ordinairement dans un seul et même genre, le genre *Stigmaria* : la grande majorité de ces organes ont même été groupés dans une espèce unique, le *Stigmaria ficoides* Brgnt.

Certains d'entre eux, toutefois, ont été considérés par M. Grand'Eury comme appartenant à un genre particulier, qu'il a désigné sous le nom de *Stigmariopsis* [1]. Les *Stigmariopsis* diffèrent principalement des *Stigmaria* ordinaires, en ce qu'ils sont relativement plus épais et moins allongés, et aussi en ce qu'ils plongeaient dans le sol suivant des directions bien plus éloignées de l'horizontale. D'après des considérations tirées de leur distribution géologique, M. de Solms-Laubach présume qu'ils ont dû appartenir aux *Sub-Sigillariæ*, tandis que les vrais *Stigmaria* lui semblent correspondre aux *Eu-Sigillariæ* et aux *Lepidodendron* [2].

Morphologie externe. — Les *Stigmaria* sont consti-

1. Grand'Eury, *Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France*, Mém. sav. étr. Ac. sc., 1877, p. 171.

2. Solms-Laubach, *Ueber* Stigmariopsis *Grand'Eury*, Dames und Kayser. Palæont. Abhandl., N^lle série, vol. II, part V, 1894.

tués par des organes à peu près cylindriques, dichotomes, de diamètre variable, et qui montrent souvent à leur surface des cicatrices circulaires, dont chacune est entourée par une bordure saillante. En dedans de cette bordure, on distingue un deuxième contour annulaire, également surélevé, et, à l'intérieur de celui-ci, on peut

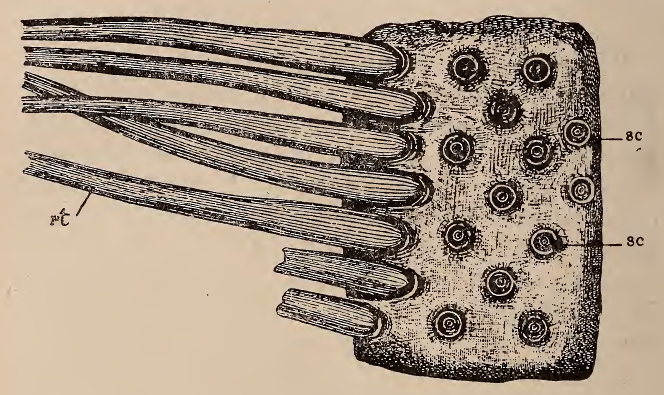


Fig. 37. — *Stigmaria ficoides.*

sc, cicatrices des appendices latéraux, dont quelques-uns (*rt*) sont encore en place (d'après Schimper).

remarquer dans les spécimens bien conservés une légère proéminence ponctiforme.

Les cicatrices ainsi décrites représentent les lieux d'insertion d'appendices latéraux que l'on a trouvés quelquefois encore en place, et qui s'inséraient sur les axes principaux presque à angle droit (fig. 37). Elles ne se rencontrent sur toute la longueur des axes principaux en question que lorsque ces derniers ne sont pas trop âgés et n'ont pas été dépouillés d'une portion plus ou moins

épaisse de leur écorce ; en général, elles ne se remarquent plus dans leurs régions proximales, c'est-à-dire dans leurs régions les plus âgées.

Les *Stigmaria* sont connus depuis longtemps, mais durant de nombreuses années, on a ignoré leur véritable nature morphologique et leur position systématique.

Rappelons notamment qu'un certain nombre de troncs fossiles furent découverts dès 1837 dans des roches carbonifériennes, à Dixon Fold, près de la station de Clifton (Angleterre), grâce aux travaux effectués en vue de la construction du chemin de fer de Manchester à Bolton. L'un de ces troncs montrait à sa base quatre grands appendices rayonnants qui se dichotomisaient à une distance assez faible de leurs extrémités proximales [1].

Ultérieurement, Binney rencontra à Saint-Helen et à Dukinfield (Lancashire) d'autres troncs fossiles pourvus de cicatrices foliaires semblables à celles des *Sigillaria*, et aussi de ramifications souterraines (*Stigmaria*), montrant à leur surface des cicatrices déterminées par la chute des appendices latéraux dont il a été question précédemment [2].

Mais c'est surtout à Williamson que l'on est redevable de renseignements étendus et précis sur les organes désignés sous le nom de *Stigmaria ficoides* [3].

Ces organes étaient émis latéralement, à la base des tiges aériennes correspondantes, et ils formaient avec ces

1. Hawkshaw, *Description of the fossil trees found in the excavations for the Manchester and Bolton railway*, Trans. geol. Soc., 2e série, vol. VI, 1842.

2. Binney, *On the remarkable fossil trees lately discovered near St-Helen's*, Edinburgh and Dublin Phil. Mag., série 3, vol. XXIV, 1844 ; — *Description of the Dukinfield* Sigillaria, Quart. journ. geol. Soc., vol. II, 1846.

3. Williamson, *A monograph on the morphology and histology of* Stigmaria ficoides, Palæontographical Soc., vol. XL, 1887, 51 p. et 15 pl.

dernières des angles très variables suivant la nature des roches sous-jacentes. Tantôt ils s'étendaient horizontalement dès leur origine, comme dans un spécimen signalé par Williamson, et dont le substratum, constitué par une argile assez dure, se trouvait difficile à pénétrer [1].

D'autres fois, ils quittaient plus ou moins obliquement les tiges aériennes, puis devenaient horizontaux à une certaine distance de ces dernières : il en était ainsi, par exemple, dans le cas d'un tronc de Saint-Helen, signalé également par Williamson, et dont le substratum était constitué durant une certaine épaisseur par une sorte de limon facilement pénétrable [2].

Très souvent, les axes principaux des *Stigmaria* quittaient chaque tige aérienne au nombre de quatre (fig. 38), et leurs lignes de contact dessinaient à la base de cette tige un double sillon en forme de croix.

En outre, chacun d'eux se dichotomisait au moins deux fois ; mais, souvent, il demeurait indivis jusqu'à une assez grande distance de son extrémité proximale.

Dans certains cas, par suite de subdivisions prématurées, le nombre de ces axes principaux pouvait augmenter plus ou moins dès la base des tiges aériennes, sur laquelle on ne remarque plus alors de double sillon en forme de croix. Williamson a précisément schématisé le contour de la base d'un spécimen pourvu de douze branches stigmariennes, parmi lesquelles on ne saurait distinguer quatre axes initiaux [3].

Il a décrit également un échantillon de *Stigmaria*

1. Williamson, *A monograph...* (*loc. cit.*), p. 6.
2. *Ibid.*, p. 6.
3. *Ibid.*, p. 7-8, et Xylograph 2.

ficoides remarquable en raison de son excellente con-

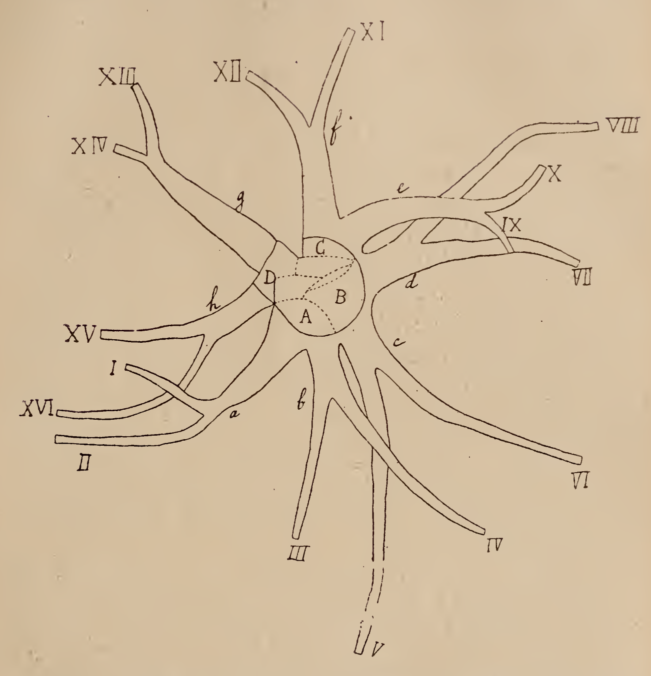


Fig. 38. — Diagramme indiquant la disposition relative des appendices dans un énorme *Stigmaria* rencontré dans le grès carbonifère de Clayton, près Bradford (Yorkshire).

A,B,C,D servent à désigner les quatre appendices principaux, issus de la base de la tige aérienne, et qui apparaissent dichotomisés deux fois ; — *a h* représentent leurs premières ramifications ; — et I-XVI, leurs ramifications de second ordre (d'après Williamson).

servation, et de son mode d'organisation très net suivant le type normal dont il a été question précédem-

ment [1]. La substance de cet échantillon, découvert à Clayton, près de Bradford (Yorkshire), était identique à celle de la roche gréseuse dans laquelle il était contenu. Il reposait en outre sur une roche schisteuse, à la surface de laquelle il étendait, d'une manière très régulière, ses quatre branches stigmariennes rayonnantes, deux fois dichotomes. Ces dernières, quoique incomplètes, ont pu être suivies jusqu'à une distance de près de dix mètres, à partir de leur point de départ.

Williamson présume que la base de l'arbre en question a dû se trouver à un certain moment empâtée dans une roche plastique qui s'est moulée sur ses organes souterrains, et a durci progressivement. Après quoi, ses tissus, ayant été décomposés, auraient disparu, entraînés par l'eau qui entrait dans la cavité ramifiée occupée précédemment par eux. Enfin le courant d'eau aurait rempli ultérieurement cette cavité d'éléments sableux dont l'agglomération aurait constitué le moule interne qui vient d'être décrit.

Les *Stigmaria* sont extrêmement abondants dans les « coal-measures » d'Angleterre, à l'intérieur des roches argileuses situées au-dessous des lits de charbon. C'est en raison de leur présence que l'argile en question a été appelée « Stigmarian Clay » (argile à *Stigmaria*) par divers géologues anglais.

Cette argile représente le sol dans lequel ont cru les *Stigmaria*. Quant au charbon qui la recouvre, il a probablement été formé en partie par la portion aérienne des plantes auxquelles ont appartenu lesdits *Stigmaria* [2].

1. Williamson, *A monograph...* (*loc. cit.*), p. 45-48, pl. 15, et Xylographs 7 et 8.

2. Cf. Scott, *Studies...* (*loc. cit.*), p. 205.

Williamson cite l'exemple très curieux d'une branche stigmarienne découverte en Angleterre, aux environs de Burnley, et qui existait, non plus exclusivement dans une couche d'argile, mais aussi dans le charbon recouvrant cette dernière [1]. La substance initiale de cette branche était remplacée par une sorte de grès analogue à la roche constituant le toit de la couche de charbon. Le fossile en question s'étendait à l'intérieur de ce dernier suivant une longueur de plus de 1 m. 30, et, dans l'argile sous-jacente, durant presque 3 mètres.

Ajoutons enfin que les diverses ramifications des *Stigmaria* ont fréquemment pénétré à l'intérieur de débris végétaux très divers, dans lesquels on peut les reconnaître, lorsque l'état de conservation de ces débris permet d'en faire l'étude microscopique.

Structure anatomique. — Etudions maintenant la structure anatomique des *Stigmaria*, dont l'aspect extérieur et les principaux facies viennent d'être décrits.

Stigmaria ficoides. — Pour cela, considérons d'abord la forme la plus commune, le *Stigmaria ficoides*.

Dans cette espèce, chacun des axes principaux montre sur les coupes transversales un anneau ligneux assez épais, à l'intérieur duquel se trouve incluse une région médullaire dont la partie centrale est généralement détruite. Cet anneau ligneux semble constitué par un certain nombre de faisceaux distincts, lesquels, en réalité, s'anastomosent entre eux, de distance en distance, constituant ainsi un réseau assez compliqué,

1. Williamson, *A monograph... (loc. cit.)*, p. 11 et Xylograph 3.

dont les mailles sont occupées par des rayons parenchymateux.

Ses vaisseaux, ordonnés en files radiales, ont été formés, au cours de l'évolution ontogénétique, d'une manière exclusivement centrifuge.

Une telle absence complète de bois centripète, exceptionnelle chez les *Lycopodinées,* a été constatée également dans certaines portions de l'appareil végétatif, chez diverses *Sélaginelles*, notamment chez les *Selaginella spinosa* et *Kraussiana* [1].

Les rayons de parenchyme ligneux de l'axe principal, chez le *Stigmaria ficoides*, peuvent être classés en deux catégories, d'après leur degré d'importance relative. Les moins importants comprennent parfois une file unique de cellules ; mais ils peuvent en posséder plusieurs assises, dans le sens de leur hauteur, et quelquefois aussi dans le sens de leur épaisseur.

L'anneau ligneux ainsi décrit montre parfois également à son intérieur des séries tangentielles de vaisseaux beaucoup plus petits que les autres. Ces vaisseaux anormaux démontrent que le développement du bois s'est accompli avec une certaine irrégularité, mais non point, toutefois, avec une périodicité comparable à celle que l'on constate chez les Phanérogames actuelles pourvues de formations secondaires [2].

Quant à l'écorce, sa région moyenne, lorsqu'elle est suffisamment bien conservée, se montre constituée par

1. Bruchmann, *Untersuchungen über* Selaginella spinulosa, *A. Br.*, Gotha, 1897 ; — Harvey Gibson, *Contributions to a Knowledge of the anatomy of the genus* Selaginella, *part. IV, The root,* Ann. of Bot., vol. XVI, 1902.

2. Williamson, *A monograph... (loc. cit.)*, p. 17.

des sortes de trabécules analogues à celles que l'on observe fréquemment à la même place, dans les tiges des *Lepidodendron*.

Enfin, la région corticale externe comprend, à l'état primaire, trois zones distinctes, dont la plus interne est constituée par de grandes cellules parenchymateuses, et la plus externe par des éléments beaucoup plus petits que les précédents. Entre ces deux zones, on observe une bande étroite de cellules sombres, probablement sclérifiées.

La portion externe de l'écorce ainsi constituée a été le siège de formations secondaires centripètes, souvent très importantes, grâce aux subdivisions d'une de ses assises les plus profondes. Les tissus secondaires ainsi obtenus n'étaient pas subérisés, puisque les tissus primaires qui les entourent ne sont jamais flétris.

Occupons-nous maintenant des appendices latéraux du *Stigmaria ficoides*, qui sont extrêmement abondants en Angleterre, dans les nodules calcaires renfermant des restes de plantes à structure conservée.

Chacun de ces appendices possède une masse ligneuse centrale, laquelle s'insère d'abord sur la face interne du cylindre vasculaire de l'axe principal correspondant, puis traverse l'un des rayons parenchymateux les plus importants de ce cylindre, pour se rendre dans l'appendice en question.

Dans ce dernier, la trace du cordon ligneux est sensiblement triangulaire, et l'un de ses trois angles, plus proéminent que les autres, est occupé par des trachées ; le faisceau en question était donc unipolaire.

M. Weiss a constaté, dans certains appendices latéraux de *Stigmaria*, l'existence de cordons ligneux spé-

ciaux, constitués par des trachées, et insérés sur le protoxylème du faisceau principal. Ces cordons, très délicats, traversaient l'écorce horizontalement, ou bien plus ou moins obliquement, et ils se terminaient dans la région externe de cette dernière, pour entrer chacun en connexion avec un massif de tissu de transfusion [1].

D'après M. Weiss, leur présence aurait été rendue nécessaire pour conduire l'eau de la région centrale à la région périphérique des appendices, en raison du fait que, dans ces organes, la région moyenne de l'écorce était lacuneuse et conduisait seulement des substances gazeuses.

Exceptionnellement, on a observé, dans les appendices latéraux du *Stigmaria ficoides*, outre le bois primaire ordinaire, et sur la face de ce dernier opposée à son groupe de protoxylème, une certaine quantité de bois secondaire disposé en séries radiales (fig. 39) [2]. La présence de ce bois secondaire a été constatée bien plus fréquemment à l'intérieur de l'écorce des axes principaux, dans les traces des appendices latéraux.

Dans certains cas, ces derniers ont également montré, dans la région externe de leur écorce, des indices de divisions cellulaires tangentielles qui représentent peut-être l'origine de formations secondaires.

Rappelons enfin que chacun des organes qui viennent d'être décrits se subdivisait d'une manière

1. Weiss, *The vascular branches of stigmarian rootlets*, Ann. of Bot., t. XVI, 1902 ; — *The vascular supply of stigmarian rootlets*, Ann. of Bot., t. XVIII, 1904 ; — *On* Xenophyton radiculosum *and on a stigmarian rootlet*, Mem. and proc. Manchester lit. and phil. Soc., t. XLVI, 1902.

2. Cf. Scott, *Studies in fossil botany*, 2e éd., fig. 104.

dichotome [1], comme l'axe principal sur lequel il s'insérait, suivant un plan passant par son groupe de protoxylème et coïncidant avec le plan de symétrie de son faisceau ligneux central.

Si l'on considère maintenant la structure que pos-

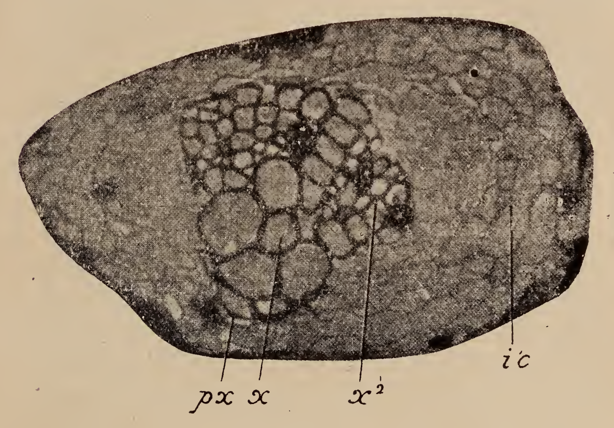


Fig. 39. — *Stigmaria ficoides* : coupe transversale de la portion centrale d'un appendice latéral pourvu de bois secondaire.

x, bois primaire ; — *px*, pôle ; — x^2, bois secondaire ; — *ic*, écorce interne (d'après M. D. H. Scott : photographie de M. L. A. Boodle).

sèdent ces organes à leur base, on devient capable d'interpréter aisément l'organisation des cicatrices qu'ils ont laissées après leur chute sur les axes principaux. Le contour externe proéminent de chacune de ces cicatrices correspond à la région externe de l'écorce d'un appendice latéral. La région annulaire déprimée qui lui fait

1. Cf. Scott, *Studies*... (*loc. cit.*), fig. 105.

suite correspond à la portion moyenne de la même écorce, laquelle se trouve détruite dans les échantillons à structure conservée et doit avoir été constituée à l'origine par un tissu lacuneux. Quant à la proéminence circulaire qui délimite la dépression précédente, du côté intérieur, elle correspond à la région interne de l'écorce. Enfin, la ponctuation centrale représente la trace du faisceau ligneux.

Autres Stigmaria. — On connaît divers spécimens de *Stigmaria* qui diffèrent sensiblement du *Stigmaria ficoides*. Tels sont ceux que M. Hick avait d'abord désignés sous le nom de *Xenophyton radiculosum* [1], et que M. Weiss a rapportés ultérieurement au genre *Stigmaria* [2].

Dans ces derniers, tous les tissus médullaires et corticaux, sans exception, se trouvaient conservés. La région moyenne de l'écorce avait une structure analogue à celle de la tige du *Lepidophloios fuliginosus*, dont le *Xenophyton radiculosum* aurait constitué la partie souterraine, d'après M. Weiss.

L'anneau ligneux, peu épais, était exclusivement centrifuge, comme chez le *Stigmaria ficoides.*

Dans certains échantillons étudiés par Renault, au contraire, on remarque très nettement un bois *centripète* plus ou moins discontinu [3], comme dans les tiges aériennes des *Lepidodendron* et des *Sigillaria.*

Dernièrement, M. Weiss a décrit un *Stigmaria* extrê-

1. Hick, *On a new fossil plant from the lower coal-measures,* Journ. Linn. Soc., vol. XXIX, 1892.
2. Weiss, *On* Xenophyton... (*loc. cit.*).
3. B. Renault, *Flore fossile d'Autun...* (*loc. cit.*), p. 226-231, et pl. 38-40.

mement curieux, provenant des « lower coal-measures » d'Angleterre[1], et dont l'axe principal possédait,



Fig. 40. — *Stigmaria* sp. : coupe transversale d'un axe ; on remarque autour d'une moelle centrale une ellipse de bois primaire, puis une large zone de bois secondaire (d'après D. H. Scott : photographie de M. F. E. Weiss).

à l'intérieur d'une masse épaisse de bois secondaire, un anneau de bois primaire *centripète* très net (fig. 40). En

1. Weiss, *A* Stigmaria *with centripetal wood*, Ann. of Bot., t. XXII, 1908.

outre, dans la plupart des appendices latéraux du même *Stigmaria*, le faisceau ligneux était *mésarche*, et non pas *exarche*, comme chez le *Stigmaria ficoides* ; de plus, il se trouvait complètement entouré par du bois secondaire, alors que, chez le *St. ficoides*, ce dernier, généralement absent, n'existait jamais ailleurs que sur la face du bois primaire opposée au protoxylème.

Le *Stigmaria* ainsi organisé avait d'abord été considéré par Williamson comme une tige de *Bothrodendron mundum* (= *Lepidodendron mundum* Will.). Il est probable qu'il représente la partie souterraine de ce dernier, dont on connaîtrait ainsi tous les organes, végétatifs et reproducteurs. De cette façon, le *Both. mundum* constituerait l'espèce la plus complètement connue, parmi les *Lycopodinées* paléozoïques [1].

1. Cf. Scott, *Studies*... (*loc. cit.*), p. 258-259.

CHAPITRE IV

AUTRES LYCOPODIALES.

Considérons encore quelques genres de *Lycopodiacées* arborescentes (*Bothrodendron, Omphalophloios, Pinakodendron*), que M. Seward a groupés dans sa famille des *Bothrodendrées*[1].

Bothrodendron. — L'un de ces genres, désigné par Lindley et Hutton sous le nom de *Bothrodendron*, comprend un certain nombre d'espèces paléozoïques qui se rapprochent des *Lepidodendron* à plusieurs points de vue.

La surface des tiges ainsi nommées est lisse et complètement dépourvue de coussinets foliaires proéminents. Les cicatrices de leurs feuilles sont de très petite taille, ainsi que les feuilles elles-mêmes. Chacune d'elles montre à son intérieur trois cicatricules et est surmontée par une fossette ligulaire ; en un mot, son organisation générale est analogue à celle des cicatrices foliaires des *Lepidodendron*.

De même, la structure des tiges des *Bothrodendron* rappelait beaucoup celle des tiges de certains *Lepidodendron* dépourvus de bois secondaire, tels que le *L. Harcourtii*. Dernièrement, en effet, M. J. Lomax a découvert un tronc fossile montrant à sa surface les

1. Seward, *Fossil plants*, t. II, p. 248.

caractères propres au genre *Bothrodendron* et possédant au point de vue anatomique l'organisation décrite autrefois par Williamson chez son *Lepidodendron mundum* [1] (= *Bothrodendron mundum*) ; c'est-à-dire que, dans cet échantillon, il existait, autour d'une moelle centrale, un anneau de bois primaire centripète pourvu d'un certain nombre de groupes de protoxylème à sa périphérie [2]. Dans les rameaux les moins gros, le bois devenait continu jusqu'au centre, et la moelle disparaissait complètement.

Ainsi que cela a déjà été mentionné, Weiss a rapporté au *Bothrodendron mundum* un *Stigmaria* qui, contrairement à la tige aérienne de ce dernier, possédait une grande quantité de bois secondaire centrifuge.

M. Watson a décrit dernièrement en détails les fructifications du *Bot. mundum* [3].

Ces fructifications constituaient de petits cônes, mesurant moins de 1 centimètre de diamètre et possédant des macrosporanges à leur base, et des microsporanges à leur extrémité distale. Chacun de leurs sporanges s'insérait, grâce à un pédicelle très court, vers le milieu de la portion étalée du sporophylle sous-jacent, et était suivi, du côté externe, par une grande ligule (Cf. fig. 41). En outre, chaque macrosporange contenait seulement quatre spores pourvues à leur surface de longues épines ramifiées.

Ainsi, le *Bot. mundum*, par la forme et la disposition

1. Williamson, *On the organisation of the fossil plants of the coal-measures*, part. XVI, Phil. trans. roy. Soc. London, 1889.

2. Cf. Watson, *The cone of* Bothrodendron mundum, Mem. and Proc. Manchester lit. and phil. Soc., vol. LII, 1908, fig. 2.

3. Watson, *The cone of* Bothrodendron mundum (*loc. cit.*).

de ses sporanges, rappelle beaucoup les *Lycopodinées* actuelles.

Chez le *Bot. minutifolium* Boulay, sp., au contraire,

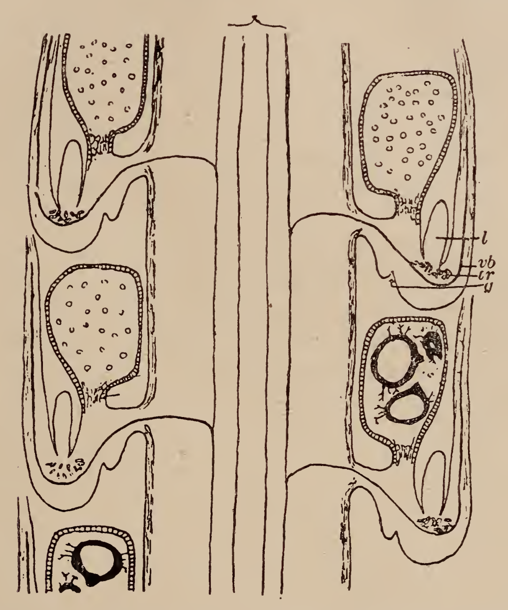


Fig. 41. — *Bothrostrobus* en coupe longitudinale radiale.

Chaque sporophylle possède une ligule (*l*), un faisceau ligneux (*vb*), et, entre ce dernier et la ligule, une quantité notable de tissu de transfusion (*tr*). Sur sa face inférieure, en outre, on remarque deux dépressions (*g*) (d'après Watson).

les strobiles, que M. Kidston considère comme identiques à ceux que M. Zeiller a décrits sous le nom de *Lepidostrobus Olryi*, ont leurs sporanges allongés radialement et fixés suivant toute leur longueur sur la portion

proximale des sporophylles, comme ceux des *Lepidostrobus*.

En somme, les *Bothrodendron* possédaient une organisation relativement simple, par rapport aux *Lepidodendron* et aux *Sigillaria*. Et il est intéressant de rappeler à ce sujet qu'ils constituent des plantes très anciennes, puisqu'on les rencontre surtout à la base des terrains carbonifères. L'un d'entre eux, le *Bot. kiltorkense* Haughton, sp., a même été rencontré dès le dévonien supérieur, aux environs de Kilkenny, en Irlande [1].

Cuticules de Bothrodendron. — On connaît depuis longtemps [2], en divers points du gouvernement de Toula (Russie centrale), un charbon feuilleté très curieux (Blätterkohle, Papierkohle), formé par des fragments de cuticules de *Bothrodendron*, entremêlés d'acide ulmique, sans trace d'aucun autre élément végétal.

Ce charbon, qui date de l'époque du culm, constitue des couches de 0 m. 18 cm. d'épaisseur, très rapprochées de la surface du sol, et recouvertes par des dépôts sableux.

Les fragments de cuticules que l'on y rencontre, lorsqu'on les a débarrassés de la matière ulmique qui les réunit, se montrent très flexibles et nullement fossilisés. Ils se gonflent dans l'eau, absorbent les couleurs

1. *On* Cyclostigma, *a new genus of fossil plants from the old red sandstone of Kiltorkan, W. Kilkenny*, Journ. roy. Dublin Soc., vol. II, 1859, p. 418, et pl. 14-17.

2. Voir, au sujet de ces cuticules : Zeiller, *Observations sur quelques cuticules fossiles*, Ann. Sc. nat., Bot., 6e série, t. XIII, 1882, p. 217-226 ; — B. Renault, *Note sur les cuticules de Tovarkovo*, Bull. Soc. hist. nat. Autun, 1895 ; — Auerbach et Trautschold, *Ueber die Kohlen von Central Russland*, Nouv. Mém. Soc. imp. naturalistes Moscou, 1860.

d'aniline, et sont constitués chimiquement comme les cuticules des végétaux actuels.

Certains d'entre eux peuvent atteindre une grande taille et même représenter le contour ininterrompu des tiges auxquelles ils ont appartenu.

En tout cas, ils sont tous perforés de nombreux petits orifices, disposés régulièrement, et dont l'arrangement correspond à celui des cicatrices foliaires des *Bothrodendron*. On remarque aussi sur leur face interne un reticulum correspondant aux contours des cellules sous-jacentes, dans lesquelles la portion externe des membranes radiales se trouvait cuticularisée.

Pinakodendron. — Un autre genre de *Lycopodiales* arborescentes, le genre *Pinakodendron*, a été créé par M. Weiss [1] pour désigner de petits fragments d'écorces recueillis en Westphalie, et qu'il a répartis dans deux espèces, les *P. musivum* et *Ohmanni*, différant l'un de l'autre principalement par la forme de leurs cicatrices foliaires [2].

Entre ces dernières, les fragments en question possèdent des rides plus ou moins flexueuses et confluentes qui, par suite de leurs coalescences successives, dessinent, d'une manière assez régulière, des mailles étirées longitudinalement.

M. Kidston a décrit une troisième espèce de *Pinakodendron*, le *P. Macconochiei*, dans laquelle le réseau

1. Weiss, *Die Sigillarien der preussischen Steinkohlen und Rothliegenden-Gebiete. II. Die Gruppe der Sub-Sigillarien*, Abhandl. K. preuss. geol. Landesanstalt, neue Folge, Heft 2, 1893, p. 61-62, et pl. 3, fig. 16, 17, 18.

2. Voir, pour ces deux espèces : Kidston, *Les Végétaux houillers recueillis dans le Hainaut belge...*, Mém. Mus. royal hist. nat. Belgique, t. IV, 1909, p. 164-172.

des saillies intercicatricielles est *irrégulier*, contrairement à celui des espèces précédentes [1].

Un superbe échantillon de cette espèce ayant été découvert dans le toit de la couche Duchesse, au siège nº 12 des Charbonnages réunis de Charleroi, MM. Renier et Cambier eurent l'idée d'en rechercher d'autres dans le même gisement. Ils obtinrent ainsi de nombreux spécimens, tous de grande taille, et purent étudier l'organisation complète de l'espèce en question [2].

Ils arrivèrent à cette conclusion que les *Pinakodendron* étaient de grands arbres, mesurant plus de 20 centimètres de diamètre, que leurs tiges étaient garnies de feuilles disposées d'une manière spiralée, et qu'elles se ramifiaient fréquemment d'une manière dichotome.

Les cicatrices foliaires de ces arbres sont subcirculaires ou subelliptiques ; elles ont un contour légèrement saillant et peuvent atteindre une hauteur de 2 mm. 5 dans les échantillons âgés.

Dans chacune de ces cicatrices, on remarque, un peu au-dessus du centre de figure, trois cicatricules, dont les deux latérales, de forme sub-ovale ou semi-lunaire, sont assez grandes. Quant à la médiane, elle est très profonde et bien plus petite que les précédentes. Mais, contrairement à ce qui a lieu chez les *Bothrodendron*, il n'y a pas trace de ligule.

1. Kidston, *The fossil plants of the carboniferous rocks of Canonbie, Dumfriesshire and of parts of Cumberland and Northumberland*, Trans. roy. Soc. Edinburgh, 1903, 40, nº 31, p. 797, 798, et pl. 1, fig. 9-11.

2. Cambier et Renier, *Observations sur les* Pinakodendron *Weiss*, Ann. Soc. géol. Belgique, t. XXXVII, 1910, p. 105-111 ; — *Observations sur* Cyclostigma (Pinakodendron) Macconochiei *Kidston, sp., et* Omphalophloios anglicus *Sternberg, sp.*, Ann. Soc. géol. Belgique, Mém. in-4º, 1911-12, p. 57-68.

Omphalophloios. — D'autres tiges, provenant des « coal-measures » de l'Amérique du Nord, et décrites par Lesquereux sous les noms de *Lepidodendron mammillatum* et *cyclostigma*, ont été considérées par David White comme appartenant à un genre spécial, le genre *Omphalophloios* [1].

La surface de ces tiges est recouverte par des coussinets rhomboïdaux dépourvus de crête médiane, contrairement à ceux des *Lepidodendron*, et dont l'aspect est susceptible de varier considérablement sur les mêmes échantillons. Ainsi, à la surface des spécimens d'Angleterre étudiés par M. Kidston (fig. 42, E), chacun des coussinets les plus compliqués, et par conséquent les plus jeunes, montre, un peu au-dessus de son centre de figure, une région plus ou moins ovale, délimitée par une bordure proéminente, et contenant à son intérieur une cicatricule qui doit représenter la trace d'un faisceau ligneux. Immédiatement au-dessous de la région ainsi constituée, on remarque une surélévation triangulaire pourvue également d'une petite cicatricule à son intérieur [2].

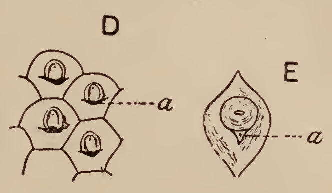


Fig. 42. — *Omphalophloios.*

D, d'après White ; — E, d'après Kidston.

1. White, Omphalophloios, *a new lepidodendroid type*, Bull. geol. Soc. America, vol. IX, 1898, p. 329-342, et pl. 20-23 ; — *Fossil Flora of the lower coal-measures of Missouri*, U. S. geol. surv. Mon., 37, 1899, p. 218-230, et pl. 65-68.

2. Cf. Kidston, *Carboniferous* Lycopods *and* Sphenophylls, Trans. nat. history Soc. of Glasgow, vol. VI, (new series), part. I, fig. 26 B, et p. 135-137.

Dans les échantillons d'Amérique décrits par David White (fig. 42, D), les cicatrices foliaires sont très différentes des précédentes. Chacune d'elles montre à son intérieur une proéminence en forme de V largement ouvert du côté supérieur, et, au-dessus de cette dernière, une zone ovale, limitée par un contour légèrement surélevé. En dedans de ce contour, on en remarque un deuxième, à peu près concentrique au premier, et près de la face supérieure duquel se trouve une petite ponctuation.

La nature morphologique des *Omphalophloios* est assez énigmatique, au premier abord. White les considère comme des rhizomes de *Lycopodinées* arborescentes.

Or, la découverte, faite par Weiss, d'un cordon de parichnos accompagnant le faisceau des appendices latéraux de certains *Stigmaria* [1] permet précisément de supposer que l'on trouvera peut-être un jour, à la surface des axes principaux de ces derniers, des cicatrices analogues à celles des *Omphalophloios* [2].

On a aussi comparé l'aspect des *Omphalophloios* à celui des tiges du *Sigillaria Brardi*, dans lesquelles on remarque souvent, au-dessous des coussinets foliaires, de petites cicatrices arrondies, représentant sans doute les lieux d'insertion d'appendices latéraux. Il est possible que, chez les *Omphalophloios* également, certaines cicatrices correspondent à des feuilles, alors que d'autres correspondent à des ramifications latérales [3].

1. Weiss, *The parichnos in the* Lepidodendraceæ, Mem. and Proc. Manchester lit. and phil. Soc., vol. LI, 1907.
2. Seward, *Fossil plants*, vol. II, p. 265.
3. Cf. Seward, *Fossil plants*, vol. II, p. 265, 266.

Dans un récent travail [1], MM. Renier et Cambier ont conclu que l'orientation des spécimens d'*Omphalophloios* devait être intervertie par rapport à celle que lui avaient attribuée les auteurs précédents. Ils ont signalé dans chacun de leurs coussinets foliaires : 1° du côté supérieur, une proéminence triangulaire, qui supportait une feuille, et qui se prolonge de chaque côté par un arc décurrent ; au milieu de cette proéminence, on observe une cicatricule qui doit représenter la trace d'un faisceau ligneux. — 2° Puis, immédiatement au-dessous, vient une trace ogivale, avec en son milieu une bande verticale ; cette trace était peut-être en relation avec un tissu spécial comparable au parichnos, par exemple.

Pleuromeia. — Occupons-nous maintenant d'un autre genre de *Lycopodiales* très curieux, le genre *Pleuromeia*, qui comprend une espèce unique, le *P. Sternbergi* Münster, sp. (fig. 43) [2]. Ce genre, connu depuis longtemps dans le grès bigarré, notamment aux environs de Bernburg et de Commern (Allemagne), a été signalé également dans la portion supérieure du trias moyen de Chauffontaine, près Lunéville (Lorraine) [3].

1. *Observations sur Cyclostigma... et Omphalophloios anglicus...* (*loc. cit.*), p. 68-80.

2. Voir notamment, au sujet de ce genre : Corda, in Germar, Sigillaria Sternbergi *Münster, aus dem bunten Sandstein*, Zeit. deutsch. geol. Ges., 1852, p. 183 ; — Solms-Laubach, *Ueber das Genus* Pleuromeia, Bot. Zeit., 1899, p. 227 ; — Potonié, *Abbildungen und Beschreibungen fossilen Pflanzen-Reste der palæozoischen und mesozoischen Formationen*, Lief. II, K. preuss. geol. Landes-und Bergakad., 1904 ; — Seward, *Fossil plants*, vol. II, p. 68.

3. Fliche, *Sur les* Lycopodinées *du trias en Lorraine*, Comptes rendus Ac. Sc., 6 avril 1903, p. 907 ; — *Flore fossile du trias en Lorraine et en Franche-Comté*, 1 vol., 1910, p. 134-136, et pl. 7, fig. 3.

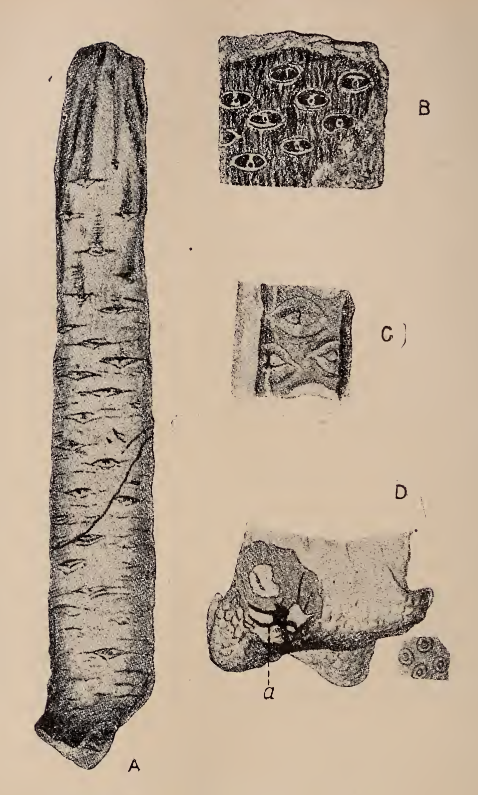


FIG. 43. — *Pleuromeia Sternbergi.*

A, moule de tige conservé au musée de Breslau. — B, *Sigillaria oculinæ* Blanckenhorn (= probablement *Pleuromeia Sternbergi*). — C, cicatrices foliaires. — D, base de tige : *a*, tissu ligneux (d'après MM. A. C. Seward, Weiss et Solms-Laubach).

Les tiges du *P. Sternbergi*, qui pouvaient atteindre une hauteur d'environ 1 mètre et un diamètre de 5 à

10 centimètres, étaient prolongées à leur base par quatre appendices courts et épais, dont les extrémités obtuses étaient légèrement redressées vers le haut.

Ces appendices sont équivalents aux quatre axes stigmariens initiaux que l'on a souvent observés chez les *Lepidodendron* et les *Sigillaria*. Comme ces derniers, ils possédaient de petites ramifications latérales, souvent disparues sur les échantillons examinés, et dont chaque cicatrice, circulaire et légèrement proéminente, montre une dépression en son milieu.

A la surface des tiges les mieux conservées, on peut remarquer des cicatrices foliaires, allongées transversalement et ordonnées d'une manière spiralée. Chacune de ces dernières montre à son intérieur la trace d'un faisceau foliaire, flanquée latéralement de deux zones triangulaires, dont les bases sont sensiblement parallèles au plan de symétrie vertical de la cicatrice. Ces deux zones ont été comparées par MM. Potonié et de Solms-Laubach aux cordons de parichnos que l'on observe à la même place chez les *Sigillaires* et les *Lepidodendron*, mais elles sont, au point de vue relatif, beaucoup plus grandes que ces derniers.

A l'intérieur de certains échantillons, on a rencontré un axe charbonneux dont la section avait une forme étoilée, et qui devait provenir de la transformation d'un cordon ligneux analogue au bois primaire des *Lepidodendron*.

A la partie inférieure des tiges, les cicatrices foliaires apparaissent plus allongées transversalement qu'elles ne le sont dans leur partie supérieure. M. Potonié en a conclu qu'il devait s'être produit, dans leur région basilaire, des formations secondaires, corticales ou libéro-ligneuses, ou peut-être à la fois des deux sortes.

Certains spécimens de *Pleuromeia* ont montré des strobiles dans lesquels chaque sporophylle, d'assez grande taille, mesurait environ 2 cm. 5 de longueur, 2 cm. 7 de largeur et 1 millimètre d'épaisseur, et supportait un sporange inséré, semble-t-il, sur sa face *inférieure*, et non pas sur sa face *supérieure*, comme cela a lieu chez toutes les autres *Lycopodiales* [1]. La position de ce sporange serait ainsi analogue à celle des sacs polliniques des *Conifères*.

Nathorstiana Richter. — Dernièrement, M. P.-B. Richter a décrit deux espèces de *Lycopodiacées* (*Nathorstiana arborea* et *gracilis*) appartenant à un genre nouveau et provenant du *crétacé inférieur* (*hauterivien*) des environs de Quedlinburg (Allemagne). Leurs tiges pouvaient atteindre respectivement 12 et 6 centimètres de hauteur, et elles possédaient des appendices souterrains disposés à peu près comme chez les *Stigmaria*. D'après l'ensemble de leurs caractères, les *Nathorstiana* paraissent intermédiaires entre les *Pleuromeia* et les *Isoëtes* [2].

Lycopodiales herbacées. — Outre les diverses *Lycopodiacées* de plus ou moins grande taille dont il vient d'être question, on connaît à l'état fossile un certain nombre d'espèces herbacées, provenant de divers horizons géologiques, à partir de l'étage dévonien, et rangées par M. Scott dans son groupe des *Lycopoditées* [3].

1. Cf. Solms-Laubach, *loc. cit.*; — Fitting, *Sporen im Buntsandstein. Die Makrosporen von* Pleuromeia, Ber. Deutsch. Bot. Ges., vol. XXV, 1907.

2. Richter, *Beiträge zur Flora der unteren Kreide Quedlinburgs*, Theil II, Leipzig, 1909.

3. Scott, *Studies... (loc. cit.)*, p. 262.

Occupons-nous de quelques-unes des plus intéressantes, appartenant aux genres *Lycopodites* et *Selaginellites*.

Les *Lycopodites* se ramifiaient d'une manière dichotome, et leur aspect général rappelait beaucoup celui des *Lycopodinées* actuelles. Chez certains d'entre eux, les feuilles étaient toutes semblables les unes aux autres, comme cela a lieu chez la plupart des *Lycopodium* ; chez d'autres, au contraire, elles étaient disposées comme chez certaines *Sélaginelles*, suivant quatre rangées longitudinales, dont deux comprenaient des feuilles plus grandes, et deux, des feuilles plus petites. Tel était le cas du *Lycopodites Zeilleri* Halle, chez lequel les plus grandes feuilles étaient entières, tandis que les autres avaient leur bord cilié [1].

Les *Selaginellites* étaient des plantes hétérosporées ayant l'aspect général des *Sélaginelles*. L'un d'entre eux, le *S. primævus* Goldenberg, sp., rappelle surtout ces dernières par ce fait que les sporanges que l'on en a observés (*macrosporanges ?*) contenaient seulement quatre macrospores [2]. Le genre *Selaginellites* a été créé par M. Zeiller pour une espèce provenant du bassin houiller de Blanzy, qu'il a nommée *S. Suissei* [3].

Les strobiles de cette espèce étaient terminaux, et mesuraient environ 15 centimètres de long sur 8 à 10 millimètres de diamètre. Ils comprenaient de nom-

1. Halle, *Einige krautartige Lycopodiaceen paläozoischen und mesozoischen Alters*, Arkiv. för Botanik utgifvet af k. Svenska Vetenskapsakad. I Stockholm, Bd. 7, nº 5, 1907, p. 6, 7, et pl. 1, fig. 3, 4.

2. *Ibid.*, p. 9.

3. Zeiller, *Sur une Sélaginée du terrain houiller de Blanzy*, Comptes rendus Ac. Sc., t. CXXX, 1900, p. 1076-1078 ; — et *Flore fossile du bassin houiller et permien de Blanzy et du Creusot*, in Etudes des gîtes minéraux de la France, 1906, p. 140-150.

breux sporophylles, ordonnés suivant 8 ou 10 séries longitudinales, et dont chacun supportait dans sa région proximale un sporange ovoïde, long de 1 mm. 5 à 2 mm. 5, et large de 1 millimètre à 1 mm. 5. Les sporanges de la base des strobiles contenaient de seize à vingt-quatre *macrospores*, et les autres renfermaient de nombreuses *microspores*.

Les tiges du *S. Suissei*, contrairement aux axes de ses strobiles, portaient seulement quatre rangées longitudinales de feuilles. Une semblable différence n'existe pas chez les *Sélaginelles* actuelles, dont toutes les espèces à feuilles tétrastiques possèdent quatre séries longitudinales de bractées dans leurs strobiles. M. Zeiller remarque qu'elle forme le pendant d'une différence inverse constatée chez certaines *Sélaginelles* (*S. rupestris*...), dont les épis fructifères possèdent quatre rangées de bractées alors que leurs tiges sont polystiques [1].

Chez une autre espèce de l'époque carbonifère, le *Selaginellites elongatus* Goldenberg, sp., les sporanges étaient insérés à l'aisselle de feuilles ordinaires, et non pas groupés dans des épis nettement différenciés [2]. Une telle absence de strobiles n'a été constatée chez aucune *Sélaginelle*, mais, par contre, on l'a remarquée chez plusieurs *Lycopodes* (*Lycopodium Selago*...).

Lycostrobus. — Considérons pour terminer un strobile hétérosporé décrit par M. Nathorst, sous le nom de *Lycostrobus Scotti*, et provenant du rhétien supérieur des environs d'Helsingborg (Scanie) [3].

1. Zeiller, *Flore fossile de Blanzy*... (*loc. cit.*), p. 145.
2. Halle, *loc. cit.*, p. 10-14.
3. Nathorst, *Paläobotanische Mitteilungen*, 3, Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Handlingar, Bd. 43, n° 3, 1908.

Ce dernier mesurait plus de 12 centimètres de long, et chacun de ses sporophylles supportait sur sa face supérieure un grand sporange contenant, soit des macrospores, soit des microspores. D'après M. Nathorst, ses divers sporanges auraient possédé en outre à leur intérieur des trabécules de tissu stérile analogues à celles que l'on rencontre dans les mêmes organes, chez les *Isoëtes*.

Malgré la grande taille du cône de fructifications ainsi constitué, il présume que la plante à laquelle a appartenu ce cône a dû être herbacée, et non pas arborescente.

Résumé et conclusions sur l'ensemble des *Lycopodiales*.

Il ressort de tout ce qui précède que, à l'époque paléozoïque, la plupart des *Lycopodiales*, contrairement à leurs congénères actuels, constituaient des plantes arborescentes, souvent très élevées. Leurs tiges aériennes se ramifiaient le plus fréquemment d'une manière dichotome (*Lepidodendron*), ou bien elles pouvaient demeurer indivises jusqu'à leur sommet (beaucoup de *Sigillaires*).

Les diverses régions de ces tiges ont été recouvertes dans leur jeune âge par de longues feuilles aciculaires plus ou moins serrées les unes contre les autres, que l'on n'a rencontrées que rarement en place, et dont les cicatrices donnent des aspects très particuliers aux empreintes des organes en question.

Les tiges principales des *Lycopodiales* arborescentes étaient prolongées à leur base par des organes souterrains (*Stigmaria*), souvent au nombre de quatre seu-

lement, et qui se ramifiaient à la fois d'une manière dichotome et d'une manière sympodique. Les nombreux appendices latéraux de ces organes avaient un diamètre assez faible et se dichotomisaient également un certain nombre de fois.

Dans les appareils végétatifs ainsi constitués, les tiges aériennes possédaient généralement des formations secondaires, corticales et libéro-ligneuses.

Leur bois primaire pouvait être cylindrique et dépourvu de moelle (*Lepidod. selaginoides*), ou bien avoir une forme annulaire et être rempli par un tissu médullaire plus ou moins important (*Lepidod. brevifolium*, *Sigillaria scutellata*, *elegans*...).

D'autres fois enfin cet anneau ligneux, au lieu d'être continu, se trouvait subdivisé en faisceaux, d'inégale importance (*Sigillaria spinulosa*, *xylina*), ou bien tous équivalents entre eux (*Sigillaria Menardi*).

Ces diverses modalités constituent ainsi une série continue, et se ramènent toutes à un même type fondamental d'organisation, rappelant celui que l'on rencontre chez les *Sphenopsida*. Le pédoncule du strobile désigné sous le nom de *Cheirostrobus pettycurensis*, notamment, (voir p. 82) rappelle beaucoup par l'aspect de son étoile ligneuse les tiges des *Lepidodendron*.

Quant aux organes souterrains désignés sous le nom de *Stigmaria*, ils possédaient généralement dans leurs axes principaux un appareil vasculaire *exclusivement centrifuge*, contrairement aux tiges aériennes correspondantes. Dans quelques cas seulement, on a constaté, à l'intérieur de ce bois centrifuge, la présence d'une certaine quantité de bois centripète.

Enfin, chacun des appendices latéraux des *Stigmaria*

possédait à son intérieur un faisceau ligneux unipolaire, auquel pouvait se surajouter exceptionnellement une certaine quantité de bois secondaire, sur celle de ses faces opposée au groupe de protoxylème.

En somme, chez les plantes dont il vient d'être question, on ne constate pas, entre les parties souterraines et les parties aériennes, des différences aussi importantes que celles qui existent entre les racines et les tiges des *Phanérogames* [1]. Ces plantes pouvaient en effet posséder parfois dans toute leur étendue du bois primaire centripète qui, jusque dans leurs parties aériennes, était susceptible de faire penser à celui de beaucoup de racines.

Les fructifications que l'on a pu étudier chez les *Lycopodiales* fossiles étaient toutes *hétérosporées*, et constituées par des sporanges fixés sur les faces *ventrales* de bractées, sauf peut-être chez les *Pleuromeia*, où ces organes sembleraient avoir été insérés sur les faces *dorsales* des sporophylles. Les sporanges adhéraient à ces derniers suivant toute leur longueur (*Lepidostrobus*, *Bothrodendron minutifolium*), ou bien seulement grâce à un pédicelle plus ou moins court, comme chez les *Lycopodium* et les *Selaginella* actuels (*Spencerites*, *Bothrodendron mundum*).

Ils étaient le plus souvent groupés dans des strobiles nettement différenciés ; mais, d'autres fois, ils étaient distribués le long des tiges, à l'aisselle de feuilles ordinaires. Tel était le cas du *Selaginellites elongatus*, et aussi, d'après M. Kidston [2], de divers spécimens de

1. Cf. Scott, *Studies in fossil Botany* (*loc. cit.*), p. 635.
2. *Op. cit.* dans Bower, *The Origin of a Land Flora...*, Londres, 1908, p. 304, 305.

Pinakodendron musivum Weiss, provenant de la « Westphalian Series » de Mariemont (Belgique).

En tout cas, ces sporanges étaient fixés aux bractées sans l'intermédiaire de sporangiophores, contrairement à ceux des *Shenopsida ;* à moins que, à l'exemple de divers auteurs, l'on ne considère comme équivalentes à des sporangiophores les proéminences sur lesquelles s'inséraient les sporanges des *Spencerites,* ainsi que le tissu stérile inclus dans les sporanges connus sous le nom de *Mazocarpon* [1].

Rappelons enfin que certaines *Lycopodiales* paléozoïques (*Lepidocarpon, Miadesmia membranacea*) se sont reproduites d'une manière bien plus compliquée que les précédentes, à l'aide d'organes assez complexes, rappelant davantage de vraies graines que des macrospores de *Ptéridophytes.*

Ainsi, les *Lycopodiales* ont pris aux temps primaires une importance extraordinaire, tant au point de vue de leur abondance que de la grande taille atteinte par beaucoup de leurs représentants et aussi du mode de reproduction assez perfectionné de certaines d'entre elles.

Néanmoins, considérées dans le temps comme dans l'espace, elles constituent un groupe très homogène, notamment en raison de leur structure anatomique, de la forme de leurs feuilles et aussi des rapports de leurs sporanges avec leurs sporophylles [2].

Toutefois, on est actuellement incapable de rattacher les *Lycopodium* à aucun groupe fossile, puisque toutes

1. Voir Scott, *Studies in fossil Botany...* (*loc. cit.*), p. 633.
2. *Ibid.*, p. 634.

les *Lycopodinées* disparues que l'on connaît sont hétérosporées. Quant aux *Sélaginelles*, elles se rattachent à une série de plantes herbacées de l'époque paléozoïque dont il a été question précédemment (*Selaginellites*...), et qui sont elles-mêmes très distinctes des *Lycopodinées* arborescentes [1].

Dans le monde actuel, ce sont les *Isoëtes* qui se rapprochent le plus de ces dernières, dont ils apparaissent comme des réductions, par leur organisation anatomique, la forme de leurs feuilles, ainsi que par la structure et le mode d'insertion de leurs sporanges [2].

1. Scott, *Studies*... (*loc. cit.*), p. 266.

2. Voir notamment, à ce sujet : Lady Isabel Browne, *The phylogeny and inter-relationships of the Pteridophyta,* The New Phytologist, n° 3, 1909, p. 33-37.

FILICALES

Pour terminer l'histoire des *Ptéridophytes* fossiles, il reste à étudier le groupe des *Filicales*, que l'on peut subdiviser de la manière suivante [1] :

Filicales leptosporangiées	Eufilicinées.	*Hyménophyllacées,*	
		Cyathéacées,	
		Polypodiacées,	
		Parkériacées,	
		Matoniacées,	
		Gleichéniacées,	
		Schizéacées,	
		Osmundacées.	
	Hydroptéridinées	*Salviniacées,*	
		Marsiliacées.	
Marattiales.		*Marattiacées.*	Eusporangiées.
Ophioglossales.		*Ophioglossacées.*	

FRONDES FILICOIDES

On a rencontré dans les terrains paléozoïques un grand nombre de frondes ressemblant tout à fait à celles des Fougères actuelles, mais dont la plupart ont produit des graines [2].

1. Cf. Engler und Prantl, *Die natürlichen Pflanzenfamilien...*, I Theil, Abtheilung 4, 1902.

2. Cf. notamment : Oliver et Scott, *On* Lagenostoma Lomaxi, *the seed of* Lyginodendron (Proc. roy. Soc. London, t. LXXI, 1903, p. 477-481, et t. LXXIII, 1904, p. 4-5) ; — *On the structure of the palæozoic seed* Lagenostoma Lomaxi (Phil. trans. roy. Soc. London, t. CIIIC B, 1904, p. 193-

Les *Spermophytes* auxquelles ont appartenu ces dernières ont été désignées par MM. Oliver et Scott sous le nom de *Ptéridospermées*, et l'on en connaît maintenant l'organisation générale d'une manière assez détaillée.

On a pu leur rapporter avec certitude diverses séries de frondes, notamment les *Aléthoptéridées*, les *Odontoptéridées*, les *Névroptéridées*, ainsi qu'un grand nombre de *Sphénoptéridées*. On est également en mesure d'affirmer que diverses autres feuilles ont appartenu au groupe des *Filicales*.

Malheureusement, dans beaucoup de cas, on est dans l'ignorance la plus complète au sujet de l'attribution systématique de telles ou telles frondes filicoides.

Il est néanmoins évident que les *Ptéridospermées* ont occupé, au cours de l'ère paléozoïque, une place très prépondérante par rapport aux Fougères, qui étaient alors relativement peu nombreuses.

L'importance relative de ces dernières, contrairement à celle des *Ptéridospermées*, diminue de plus en plus à mesure que l'on remonte dans la série géologique. Ainsi, dans l'étage westphalien, elles sont bien moins abondantes que dans l'étage stéphanien, et, aux époques du culm et du dévonien, elles paraissent avoir été rarissimes [1].

247) ; — Kidston, *On the fructification of* Nevropteris heterophylla *Brgnt* (Phil trans. roy. Soc. London, vol. CIIIC B, 1904, p. 1-5) ; — David White, *The seeds of* Aneimites (Smith. Miscell. Collect., t. XLVII, 1904, p. 322-331) ; — Grand'Eury, *Sur les graines des* Névroptéridées (Comptes rendus Acad. Sc., t. CXXXIX, 1904, p. 23-27 et p. 782-786) ; — *Sur les graines trouvées attachées au* Pecopteris Pluckeneti *Schlot.* (Comptes rendus Ac. Sc., t. CXL, 1905, p. 920-923).

1. Zeiller, *Une nouvelle classe de* Gymnospermes : *les* Ptéridospermées (Rev. gén. sc. pures et appliquées, 30 août 1905, p. 726).

Les frondes des *Ptéridospermées* semblent avoir eu des axes très souvent bifurqués. Cette particularité, que l'on retrouve constamment chez les *Odontoptéridées*, les *Névroptéridées*, ainsi que chez le *Pecopteris Pluckeneti* Brongniart et les *Sphenopteris* construits suivant le type du *Sph. Hœninghausi*, pourrait, semble-t-il, être considérée dans bien des cas comme une caractéristique, tout au moins empirique, de cette classe de *Gymnospermes* [1].

Malgré cela, on ne saurait actuellement répartir d'une manière précise et définitive l'ensemble des frondes filicoides dans les deux groupes des *Ptéridospermées* et des *Fougères*. On ne peut même pas toujours distinguer avec certitude les sporanges de *Fougères* des microsporanges de *Ptéridospermées*.

Aussi commencerons-nous par décrire d'une manière générale les principaux aspects des frondes en question, sans rien préjuger *a priori* de leur attribution systématique exacte [2].

Ces frondes ont été réparties dans un certain nombre de groupes que nous allons successivement passer en revue.

Archéoptéridées.

L'un de ces groupes, celui des *Archéoptéridées*, connu surtout dans l'étage dévonien et dans celui du culm, comprend des frondes dans lesquelles les pinnules sont étranglées à leur base, comme celles des

1. Zeiller, *loc. cit.*, p. 725 ; — et *Flore fossile du bassin houiller et permien de Blanzy et du Creusot*, p. 32.
2. Cf. Zeiller, *Flore fossile de Blanzy... (loc. cit.)*, p. 8-10 et suiv.

Sphenopteris, dont elles sont parfois assez difficiles à distinguer.

Ces pinnules, en outre, sont dépourvues de nervure principale : leurs diverses nervures, toutes équivalentes entre elles, naissent isolément à leurs points d'insertion sur les rachis, et se distribuent dans chacune d'elles d'une manière rayonnante, en se dichotomisant une ou plusieurs fois.

Archæopteris. — Dans le genre *Archæopteris* Dawson (= *Palæopteris* Schimper), par exemple, les frondes, bi-ou tripinnées, possédaient des pinnules ovales, toutes égales ou à peu près, de telle sorte que les bords des pennes de dernier ordre étaient sensiblement parallèles entre eux (fig. 44).



Fig. 44. — *Archæopteris hibernica* Forbes, sp., du Dévonien supérieur : portion de penne; fertile dans sa région distale (d'après Schimper).

A la base d'une fronde d'*A. hibernica* Forbes, sp., M. Kidston a observé deux stipules analogues à celles qui existent à la même place chez les *Angiopteris* et les *Marattia* [1].

Adiantites Gœppert. — Les frondes des *Adiantites*

1. Kidston, *On the fructification and affinities of* Archæopteris hibernica *Forbes, sp.* (Ann. and Mag. nat. hist., série 6, II, 1888) ; — *On the microsporangia of the* Pteridospermeæ... (Phil. trans. roy. Soc. London, t. CIIC, 1906, p. 441, et fig. 13).

(*A. tenuifolius* Gœppert) ressemblent beaucoup à celles des *Archæopteris*, mais, parfois, on remarque dans leurs pinnules l'indication d'une nervure médiane.

Cardiopteris Schimper. — Celles du genre *Cardiopteris* (*C. polymorpha* Gœppert, sp.), particulier à la flore du culm, semblent avoir été une seule fois pinnées ; leurs pinnules, plus ou moins cordiformes, ont généralement une taille bien plus grande que celles des genres précédents, et elles sont pourvues uniquement de nervures rayonnantes, sans aucun indice de nervure principale.

Rhacopteris Schimper. — Signalons encore, dans la même famille, le genre *Rhacopteris* (*Rh. paniculifera* Stur), dont les frondes, quelquefois bifurquées, étaient une seule fois pinnées, comme celles des *Cardiopteris*. Quant aux pinnules de ces frondes, elles étaient dissymétriques, rétrécies en coin à leur base, et découpées plus ou moins profondément ; en outre, elles avaient une forme trapézoïdale ou rhomboïdale et un bord inférieur presque rectiligne.

Sphénoptéridées.

Occupons-nous maintenant du groupe des *Sphénoptéridées*, qui a atteint son maximum d'importance durant l'époque westphalienne et dans lequel les pinnules, souvent lobées très profondément et considérablement étranglées à leur base, étaient pourvues d'une nervure principale nettement distincte.

Chez divers représentants de cette famille, on remarque, à la base des rachis de deuxième ordre, des pinnules particulières (*Aphlebia*), très différentes des pinnules normales par leur aspect général, et compa-

rables à celles que l'on connaît chez certaines Fougères actuelles, telles que l'*Hemitelia capensis* et le *Mertensia glauca*. Ces pinnules peuvent être insérées sur le côté des rachis orienté vers le sommet des frondes (divers



FIG. 45. — *Palmatopteris furcata* Brongniart, sp., du Westphalien ; fragment de penne primaire (d'après M. Potonié).

Sphenopteris), ou bien, au contraire, sur le côté qui est orienté vers leur base (*Ovopteris*).

Parmi les *Sphénoptéridées*, en dehors du genre *Sphenopteris* Brongniart, nous signalerons :

Rhodea. — 1° Le genre *Rhodea* Presl (*R. dissecta* Brgnt, sp.), dont les pinnules sont subdivisées en lobes filiformes, pourvus chacun d'une nervure unique.

Palmatopteris Potonié. — 2° Le genre *Palmatopteris* (*P. furcata* Brgnt., sp.) (fig. 45), parfois difficile à distinguer du précédent, et dans lequel chacune des pennes de premier ordre est subdivisée en deux portions pres-

que égales, par suite d'une prédominance de sa penne secondaire la plus inférieure. Cette dernière est presque aussi importante à elle seule que toutes les autres réunies, et elle semble également bifurquée, pour une raison analogue à celle qui vient d'être donnée à propos des pennes de premier ordre : sa penne tertiaire la plus inférieure est en effet beaucoup plus importante que les autres.

Eremopteris Schimper. — 3° Le genre *Eremopteris* (*E. artemisiæfolia* Brgnt., sp.), dont les pinnules, par leur forme, rappellent assez celles des *Rhodea*, mais possèdent, au lieu d'une nervure unique, plusieurs nervures dichotomes.

Alloiopteris Potonié. — 4° Le genre *Alloiopteris*, dans lequel les pinnules, plus ou moins profondément lobées, sont souvent dissymétriques, auquel cas leur bord postérieur est à peu près rectiligne, comme cela a lieu chez les *Rhacopteris*. Lorsque ces pinnules sont dissymétriques, leur nervure principale est parallèle à leur bord postérieur rectiligne, rapprochée de ce dernier, et elle n'émet des nervures secondaires que du côté antérieur.

Un certain nombre d'*Alloiopteris* (*A. Essinghii* Andræ, sp., *quercifolia* Göpp., sp.) ont montré à la base de leurs pennes de dernier ordre des pinnules différenciées (*Aphlebia*), analogues à celles dont il a été question précédemment.

Pécoptéridées.

Chez les *Pécoptéridées*, les pinnules, au lieu d'être très rétrécies dans leur partie inférieure, comme chez les

Archæoptéridées et les *Sphénoptéridées*, sont fixées aux rachis suivant toute leur base.

Nous distinguerons dans ce groupe deux subdivisions principales, celle des *Eu-Pécoptéridées* et celle des *Aléthoptéridées*.

a) Eu-Pécoptéridées. — Parmi les *Eu-Pécoptéridées*, dont chaque pinnule possède une nervure principale très nette, ramifiée d'une manière pennée, signalons d'abord le genre *Pecopteris* Brongniart, largement représenté dans les étages stéphanien et permien.

Pecopteris. — Les frondes appartenant à ce genre étaient régulièrement pennées et possédaient des pinnules assez petites à bords sensiblement parallèles. Ces pinnules étaient généralement entières et arrondies à leurs sommets, plus rarement lobées ou dentées.

On a réparti les *Pecopteris* de l'époque paléozoïque dans trois sections :

1° Celle des *Pecopteris cyathoïdes* (*Pec. cyathea* Schloth., sp., *arborescens* Schloth., sp.), dont les pinnules, nettement distinctes les unes des autres, ne sont nullement contractées à leur base et possèdent des nervures latérales peu subdivisées ;

2° Celle des *Pecopteris unitæ* (*Pec. unita* Brgnt., *feminæformis* Schloth.), chez lesquels les pinnules sont soudées les unes aux autres, dans leur partie inférieure ;

3e Celle des *Pecopteris névroptéroïdes* (*Pec. polymorpha* Brgnt.), dont les pinnules sont légèrement étranglées à leur base.

Le *Pecopteris Pluckeneti* Schloth. constitue une forme assez aberrante, rapportée d'ailleurs avec certitude au groupe des *Ptéridospermées*, alors que l'immense

majorité des autres *Pecopteris* appartiennent à l'alliance des *Marattiales*. Chez cette espèce, les pinnules, lobées assez profondément, atteignaient une certaine taille. Quant aux frondes, elles se subdivisaient un certain nombre de fois d'une manière dichotome et elles possédaient à l'angle de chaque bifurcation un bourgeon susceptible de se développer en un rameau prolongeant l'axe principal de la dichotomie en question, ainsi que cela a lieu actuellement chez un grand nombre de *Gleichéniées* [1].

Weichselia Stiehler. — Certaines frondes filicoïdes de l'époque crétacée, désignées sous le nom générique de *Weichselia*, ressemblent beaucoup aux *Pecopteris*, mais leurs nervures latérales, au lieu d'être libres, s'anastomosent entre elles de manière à constituer un réseau à mailles polygonales assez petites.

Thinnfeldia Ettingsh. — Parmi les *Eu-Pécoptéridées*, signalons encore le genre *Thinnfeldia*, de l'époque jurassique (*Th. rhomboïdalis*), dont les frondes, une ou deux fois pinnées, possédaient des pinnules généralement décurrentes sur les rachis, comme celles des *Alethopteris*. Dans ces pinnules, les nervures principales étaient très peu développées, sinon indiscernables.

Mariopteris Zeiller. — Le genre *Mariopteris* (*M. muricata* Schloth., sp.), que M Potonié range parmi les *Sphénoptéridées* [2] à cause de la forme que peuvent parfois prendre ses pinnules, est caractérisé par ce fait

1. Cf. Potonié, *Ueber die fossilen Filicales im Allgemeinen...*, in Engler und Prantl, *loc. cit.*, fig. 279.
2. Potonié, in Engler und Prantl, *loc. cit.*, p. 494.

que chacun de ses rachis secondaires se bifurque en deux autres assez courts, absolument nus comme lui,



Fig. 46. — *Mariopteris muricata* Schlotheim, sp., du Westphalien: portion de fronde, montrant une penne primaire quadripartite (d'après M. Zeiller).

et terminés l'un et l'autre par deux pennes feuillées (fig. 46).

Dans chacune de ces dernières, la pinnule basilaire située du côté *inférieur* est souvent bilobée, et plus

développée que les autres, comme c'est actuellement le cas, chez l'*Aspidium angulare*, par exemple, pour la pinnule basilaire *supérieure* de chaque penne.

En outre, chez les *Mariopteris*, les rachis des pennes feuillées étaient susceptibles de se prolonger au delà du limbe, ce qui permettait sans doute aux frondes de s'appuyer sur les végétaux environnants, comme le font actuellement celles des *Lygodium*.

b) Aléthoptéridées. — Les *Aléthoptéridées*, dont l'aspect général rappelle beaucoup celui du *Pteridium aquilinum* et de divers *Pteris*, possédaient de grandes pinnules insérées obliquement sur les rachis, plus ou moins élargies en leur milieu et décurrentes du côté inférieur (fig. 47).

Fig. 47. — *Alethopteris Serli* Brongniart, sp., du Westphalien : portion terminale d'une penne (d'après Brongniart).

Chacune de ces pinnules, en outre, est pourvue d'une nervure médiane très nette, ramifiée d'une manière pinnée, et, chaque côté de celle-ci, d'autres nervures émanant directement du rachis.

Comme représentants de la section des *Aléthoptéridées* on peut signaler :

Alethopteris Sternb. — 1° Le genre *Alethopteris* (*Al. Grandini* Brgnt., sp., *lonchitica* Schloth., sp., *Serli* Brgnt., sp.), dans lequel les frondes, de grande taille, étaient au moins tripinnées, et les pennes de dernier ordre quelquefois dichotomisées à leur sommet (ex. *Al. Davreuxi* Brgnt., sp.).

Lonchopteris Brgnt. — 2° Le genre *Lonchopteris* (*L. Bricei* Brgnt) qui se distingue du précédent en ce que ses nervures secondaires s'anastomosent entre elles de manière à constituer un réseau régulier.

Callipteris Brgnt. — 3° Le genre *Callipteris* (*Cal. conferta* Sternb.), caractéristique de l'époque permienne, dans lequel les pinnules, entières comme chez les vrais *Pecopteris*, ou bien plus ou moins sphénoptéroïdes, étaient décurrentes sur les rachis du côté inférieur. En outre, entre les diverses pennes, les rachis étaient garnis de pinnules isolées dont la taille diminuait graduellement de haut en bas.

Les pinnules possédaient une nervure principale ramifiée latéralement, ainsi que des nervures insérées directement sur les rachis.

Callipteridium Weiss. — 4° Le genre *Callipteridium* (*C. pteridium* Schloth., sp.), provenant des terrains stéphanien et permien, qui comprend des frondes dont les rachis sont pourvus d'une ou deux pinnules dans chacun des intervalles compris entre deux pennes simplement pinnées, et aussi de pennes simplement pinnées dans les intervalles qui séparent les pennes bipinnées.

Odontoptéridées.

Chez les *Odontoptéridées*, dont nous allons nous occuper maintenant, les pinnules, fixées aux rachis suivant toute leur base, sont dépourvues de nervure principale. Leurs diverses nervures, toutes équivalentes entre elles, sont issues directement des rachis sur lesquels s'insèrent les pinnules, et plus ou moins dichotomisées à l'intérieur de ces dernières.

Odontopteris Brgnt. — Dans le genre *Odontopteris*, des époques stéphanienne et permienne, les pinnules peuvent être plus ou moins aiguës (*O. Brardi* Brgnt., *O. minor* Brgnt), ou bien arrondies au sommet (*O. lingulata* Gœppert), et, dans chaque penne, la pinnule basilaire est le plus souvent bilobée, comme chez les *Mariopteris*, ou même plurilobée.

Les rachis des frondes des *Odontopteris* étaient bifurqués un certain nombre de fois, et pennés seulement sur leurs dernières subdivisions, lesquelles portaient dans chaque bifurcation, du côté interne, des pennes simplement pinnées, et, du côté externe, des pennes bipinnées. Entre ces dernières enfin, se trouvaient intercalées d'autres pennes, de petite taille, pinnées une seule fois.

Vers leur sommet, les branches de chaque dichotomie possédaient exclusivement, d'un côté comme de l'autre, des pennes simplement pinnées.

Généralement, au-dessous de leurs dernières bifurcations, les rachis des *Odontopteris* possédaient aussi de grandes pinnules simples, ovales ou réniformes, à nervures rayonnantes, auxquelles Brongniart avait attribué une dénomination générique spéciale (*Cyclopteris*).

Ctenopteris Brgnt. — Le genre *Ctenopteris* (*Ct. cycadea* Brgnt, sp.) des époques rhétienne et jurassique, comprend des frondes bipinnées, dont les pennes sont séparées les unes des autres par des pinnules isolées, comme chez les *Callipteris*. La pinnule basilaire inférieure de chacune de ces pennes était souvent insérée à la fois sur le rachis de cette dernière et sur le rachis d'ordre immédiatement supérieur qui la supportait. Quant à la nervation des pinnules des *Ctenopteris*, elle était analogue à celle que nous avons décrite chez les *Odontopteris*.

Dichopteris Zigno. — Le genre liasique *Dichopteris* diffère des précédents en ce que ses rachis sont absolument nus entre les diverses pennes, et en ce que ses pinnules, au lieu d'être rigoureusement pécoptéroïdes, sont légèrement étranglées à leur base.

Névroptéridées.

La famille des *Névroptéridées* comprend de nombreuses formes paléozoïques chez lesquelles les pinnules, très étranglées à leur base, avaient leurs bords parallèles et leurs sommets généralement arrondis.

Nevropteris Brgnt. — Dans cette famille, le genre *Nevropteris*, représenté surtout dans l'étage westphalien, comprend de grandes frondes généralement tripinnées, dont les rachis, fréquemment bifurqués, pouvaient posséder au-dessous de celles de leurs ramifications qui supportaient les pennes feuillées de grandes pinnules cycloptéroïdes, comparables à celles dont il a été question à propos des *Odontopteris*. Ces pinnules spéciales étaient entières, orbiculaires ou réni-

formes, et se répartissaient d'une manière assez irrégulière. Leurs nervures, en outre, se distribuaient à leur intérieur d'une manière rayonnante, alors que les pinnules ordinaires possédaient une nervure principale, ramifiée d'une manière pinnée, à peu près comme chez les *Pecopteris*, par exemple, mais à branches plus ascendantes que chez ces derniers.

Chez certains *Nevropteris*, tels que le *N. gigantea* Sternb., les intervalles qui séparent les pennes sont occupés par des pinnules isolées, semblables à celles des pennes elles-mêmes, comme chez les *Callipteris* et les *Thinnfeldia*.

Chez d'autres espèces, telles que le *Nevropteris heterophylla* Brgnt, on remarque de fréquentes bifurcations des rachis, à l'intérieur desquelles les pennes sont moins importantes et moins subdivisées que sur les bords externes des mêmes bifurcations. En outre, les rachis sont dépourvus de pinnules simples entre les pennes feuillées, contrairement à ce qui a lieu chez le *Nevrop. gigantea ;* mais, dans celles de leurs régions où il n'existe aucune penne, ils possèdent souvent de grandes pinnules cycloptéroïdes.

Linopteris Presl. — Le genre *Linopteris* comprend des frondes analogues à celles des *Nevropteris*, mais dans lesquelles les nervures secondaires, au lieu d'être libres, s'anastomosent entre elles de manière à constituer un réseau régulier.

Certaines de ces frondes sont construites comme celles du *Nevropteris gigantea* (*Lin. Brongniarti* Gutbier), alors que d'autres possèdent la même organisation que celles du *Nev. heterophylla* (*Lin. Germari* Giebel, sp.).

En somme, les *Linopteris* présentent avec les *Nevropteris* les mêmes rapports que présentent les *Weichselia* avec les *Pecopteris*, et les *Lonchopteris* avec les *Alethopteris*.

Nevropteridium Schimper. — On peut rapprocher également du genre *Nevropteris* le genre *Nevropteridium*, rencontré dans les couches permo-triasiques de l'Inde et de l'Amérique du sud, ainsi que dans le trias inférieur de l'Europe, et dont les frondes, une seule fois pinnées, possèdent des pinnules à base dissymétrique. La nervure principale de chacune de ces pinnules est décurrente vers le bas sur le rachis correspondant.

Tænioptéridées.

Dans d'autres frondes, groupées sous le nom de *Tænioptéridées*, les pennes de dernier ordre sont entières, bien plus longues que larges, et elles possèdent une nervure médiane ramifiée d'une manière pinnée.

Tæniopteris Brgnt. — L'un des genres de cette famille, le genre *Tæniopteris*, comprend des frondes simples ou bien pinnées une ou plusieurs fois. Ces frondes, recueillies en Amérique dans le carbonifère inférieur, n'étaient connues en Europe qu'à partir du stéphanien moyen. Mais M. Paul Bertrand en a signalé une espèce nouvelle (*T. Zeilleri*) dans le westphalien de Bruay (Pas-de-Calais) [1].

Les pinnules des *Tæniopteris*, sessiles ou non, sont

1. *Description de végétaux houillers recueillis pendant le fonçage de la fosse 6* bis *des mines de Bruay* (Ann. Soc. géol. du Nord, t. XXXIX, 1910, p. 345-361).

entières et ont la forme de longs rubans ; leur base, en outre, est très étranglée, comme celle des pinnules des *Nevropteris*.

Megalopteris Dawson. — Le genre *Megalopteris*, rencontré au Canada, dans le dévonien moyen, et aux Etats-Unis, dans le carbonifère inférieur, comprend des frondes pinnées une seule fois, dont les pinnules, très allongées comme chez les *Tæniopteris*, ont leur bord inférieur légèrement décurrent le long des rachis sur lesquels elles s'insèrent.

Dictyoptéridées.

Un certain nombre de frondes filicoïdes, réunies dans la famille des *Dictyoptéridées*, et dont quelques-unes ont déjà été signalées (*Weichselia*, *Lonchopteris*, *Linopteris*), avaient leurs nervures secondaires, non plus libres, mais anastomosées, de manière à constituer des mailles plus ou moins compliquées.

Signalons d'abord dans cette famille deux genres dans lesquels les mailles sont uniformes et constituées par des nervures toutes d'égale importance (*Glossopteris* Brgnt et *Gangamopteris* M' Coy).

Glossopteris. — Les *Glossopteris*, que M. Seward considère comme ayant probablement appartenu, non pas aux vraies *Fougères*, mais au groupe des *Ptéridospermées* [1], avaient des frondes simples, entières, à contour sensiblement ovale, rétrécies progressivement dans leur partie inférieure, et pourvues d'une nervure principale, sur laquelle s'inséraient des nervures secondaires,

1. Seward, *Fossil plants*, II, p. 497.

dont les multiples anastomoses constituaient des mailles allongées (fig. 48)

Les tiges des *Glossopteris* portaient, outre les frondes dont il vient d'être question, de petites écailles, analogues à ces dernières, mais parfois totalement dépourvues de nervure médiane.

Ainsi que l'a démontré M. Zeiller, ces tiges n'étaient autre chose que les rhizomes connus sous le nom générique de *Vertebraria* Royle [1].

M. Seward a figuré récemment un spécimen très curieux, différant de ceux étudiés par MM. Zeiller et Oldham en ce qu'il montrait plusieurs feuilles de *Glossopteris Browniana* fixées à un axe dont l'aspect extérieur ne coïncidait nullement avec celui des *Vertebraria* [2].

A B

Fig. 48. — *Glossopteris Browniana* Brongniart, du Permotrias du Transvaal :

A, feuille normale ; B. feuille écailleuse (d'après M. Zeiller).

1. Zeiller, *Etude sur que ques fossiles, en particulier* Vertebraria *et* Glossopteris, *des environs de Johannesburg (Transvaal)* (Bull. Soc géol. France, 3e série, t. XXIV, 1896). — Voir aussi : Oldham, *On a plant of* Glossopteris *with part of the rhizome attached, and on the structure of* Vertebraria (Geol. surv. India, vol. XXX, pt. I, 1897).

2. *Fossil plants*, II, fig. 339 et p. 505.

Quoi qu'il en soit, ces derniers sont connus à l'état de fragments simples ou ramifiés, pourvus à leur périphérie de un à trois sillons longitudinaux réunis, çà et là, par d'autres sillons, transversaux, qui correspondent aux lieux d'insertion des frondes. Ainsi, la surface des tiges considérées se trouve subdivisée en zones sensiblement rectangulaires, longues chacune d'environ 1 centimètre.

En coupes transversales, les *Vertebraria* apparaissent constitués par un axe central, à partir duquel rayonnent un certain nombre d'ailes, dont les traces donnent aux coupes un aspect étoilé, analogue à celui que présente la section d'une tige d'*Onoclea Struthiopteris* [1].

D'après M. Oldham [2], leur contour initial aurait eu néanmoins une forme *cylindrique*, chacun d'eux ayant été constitué à l'origine par un axe central relié à une écorce externe par des septa rayonnants. Quant aux espaces délimités par ces septa, ils auraient été eux-mêmes subdivisés grâce à des parois tangentielles, correspondant aux sillons transversaux observés à la surface des tiges considérées.

M. Seward présume que ces espaces ont dû être remplis par du bois secondaire et que leurs cloisons transversales représentent des rayons de parenchyme ligneux accompagnant les traces foliaires [3].

Le genre *Glossopteris*, ainsi d'ailleurs que le genre *Gangamopteris* dont il va être question tout à l'heure, caractérise les terrains permo-carbonifères de la majeure

1. Zeiller, *loc. cit.*, et *Observations sur quelques plantes fossiles des « lower Gondwanas »* (Mem. Geol. surv. India : new series, vol. II, 1902).
2. Oldham, *loc. cit.*
3. *Fossil plants*, II, p. 505.

partie de l'hémisphère sud (Afrique du sud, Amérique du sud, région australo-indienne), lesquels représentent des restes de l'ancien continent de Gondwana, dont l'existence, désormais indiscutable, avait été fortement pressentie par Darwin [1].

Il était accompagné dans ce continent par divers types particuliers à ce dernier, et très différents de ceux qui peuplaient à la même époque le continent dont faisaient partie l'Europe et l'Amérique du nord.

C'est en Australie qu'on l'a observé la première fois, dans des roches houillères. M. Zeiller l'a également rencontré au Tonkin dans l'étage rhétien. Il a aussi été signalé dans diverses autres régions australes, notamment à Madagascar [2] et au Congo belge.

Enfin, détail du plus haut intérêt, sa présence a été indiquée par M. Amalitzky dans le permien supérieur du gouvernement de Vologda (Russie septentrionale), en compagnie des *Gangamopteris major* Feist. et *cyclopteroides* Feist., ainsi que de nombreux *Vertebraria* et de reptiles appartenant aux genres *Pareiasaurus* et *Dicynodon*.

Ces couches à *Glossopteris*, que M. Amalitzky a appelées « étage glossoptérien », étaient surmontées par d'autres, datant de l'époque du Zechstein supérieur, et celles qui existaient au-dessous d'elles appartenaient au permien inférieur. Elles semblent être « homotaxiques » au système du Karoo inférieur de l'Afrique du sud, qui renferme de nombreux Lamellibranches

1. Lettre à Hooker, cit. dans Seward, *Fossil plants*, II, p. 514.

2. Boule, *Sur l'existence d'une faune et d'une flore permiennes à Madagascar*, Comptes rendus Ac. Sc., 2 mars 1908, p. 502-504.

analogues à ceux de l' « étage glossoptérien ». Elles sont également « homotaxiques » au système des Gondwanas inférieurs de l'Inde. La flore dite « à Glossopteris » n'était donc pas cantonnée uniquement dans l'hémisphère sud, à une certaine époque tout au moins [1].

Gangamopteris. — Les frondes des *Gangamopteris* diffèrent de celles des *Glossopteris* principalement par l'absence de nervure médiane.

Le genre *Gangamopteris* a eu dans le temps une extension moindre que celle du genre *Glossopteris*. Il n'apparaît en effet guère avant le houillèr supérieur, et il ne dépasse pas l'étage permien : il est donc exclusivement paléozoïque [2].

C'est pour cette raison que M. David White a proposé dernièrement de remplacer l'expression de « flore à *Glossopteris* » par celle de « flore à *Gangamopteris* [3] ».

Autres Dictyoptéridées. — Chez d'autres *Dictyoptéridées* d'âge mésozoïque (*Clathropteris* Brgnt, *Dictyophyllum* Lindley et Hutton...), se rapportant à la famille des *Diptéridinées*, les nervures anastomosées n'étaient pas toutes équivalentes, et le réseau qu'elles

1. Voir à ce sujet : Amalitzky, *Sur la découverte dans les dépôts permiens supérieurs du nord de la Russie, d'une flore glossoptérienne*... (Comptes rendus Ac. Sc., t. CXXXII, 1901, p. 591-593) ; — Zeiller, *Sur la découverte, par M. Amalitzky, de* Glossopteris *dans le permien supérieur de Russie*, Bull. Soc. Bot. France, t. XLV, 1898, p. 392.

2. Cf. Hayden, *The stratigraphical position of the Gangamopteris beds of Kashmir*, — et *Permo-carboniferous plants from Kashmir* (Rec. geol. surv. India, vol. XXXVI, part I, 1907).

3. David White, *Permo-carboniferous changes in South America*, Journ. geol. vol. XV, 1907.

constituaient était bien plus compliqué que chez les espèces précédentes.

M. Zeiller a appelé cette nervation *hétérodictyée*, pour l'opposer à celle des *Glossopteris* et des *Gangamopteris*, par exemple, laquelle est caractérisée par des mailles toutes d'égale valeur (*homodictyée*) [1].

Chez le *Clathropteris platyphylla* Goeppert, sp., par exemple, les frondes étaient profondément découpées en lobes disposés d'une manière pédalée.

Chacun de ces lobes était denté et pourvu d'une nervure médiane, sur laquelle s'inséraient suivant des angles assez ouverts des nervures latérales reliées entre elles par d'autres nervures plus ou moins sinueuses, quelquefois à peu près rectilignes, de manière à constituer un réseau à mailles rectangulaires. Ces mailles étaient elles-mêmes subdivisées par d'autres nervures en mailles polygonales.

Les frondes des *Dictyophyllum* étaient subdivisées d'une manière palmée ou pédalée. Quant à leurs pennes, elles étaient, non plus simplement dentées, mais profondément pinnatifides. Enfin, chacune de leurs pinnules possédait une nervure médiane, et, de chaque côté de celle-ci, un réseau complexe d'autres nervures analogue à celui des *Clathropteris*.

FRUCTIFICATIONS

Outre les feuilles dont il vient d'être question, on connaît à l'état fossile un assez grand nombre de spo-

1. Zeiller, *Note sur quelques empreintes végétales des gîtes de charbon du Yunnan méridional* (Annales des Mines, avril 1907, p. 15 du tirage à part).

ranges de *Filicales* conservés diversement, tantôt silicifiés ou carbonatés, tantôt transformés en houille.

Ces sporanges n'ont été que rarement rencontrés en rapport avec les frondes qui les ont produits, ce qui, dans beaucoup de cas, rend très difficile leur attribution systématique précise.

Marattiales. — Certains d'entre eux ont été rapportés à l'alliance des *Marattiales* qui, à l'époque paléozoïque, avait pris une importance telle que, contrairement à ce qui a lieu maintenant, le groupe des *Eusporangiées* était alors tout à fait prédominant par rapport à celui des *Leptosporangiées*.

Les sporanges des *Marattiales* fossiles ont été répartis dans divers genres dont nous allons signaler les principaux.

Dactylotheca Zeiller. — L'un de ces genres, le genre *Dactylotheca*, comprend des sporanges rencontrés depuis le culm jusqu'au permien inférieur sur divers *Pecopteris*, notamment sur le *Pecopteris dentata* Brongniart.

Les sporanges ainsi désignés (fig. 49, C, et fig. 50) ont une forme ovoïde et sont fixés isolément, dans le sens de leur grand axe, le long des ramifications des nervures secondaires. Leur disposition les uns par rapport aux autres, dans chaque lobe des pinnules, rappelle celle des doigts de la main, ce qui leur a valu le nom générique de *Dactylotheca*.

Chacun d'eux, en outre, est terminé en pointe à son extrémité distale, et sa paroi montre, en une certaine région, une bande longitudinale de cellules plus étroites que les autres, suivant laquelle devait s'effectuer la déhiscence.

Le nombre des sporanges ainsi décrits variait dans

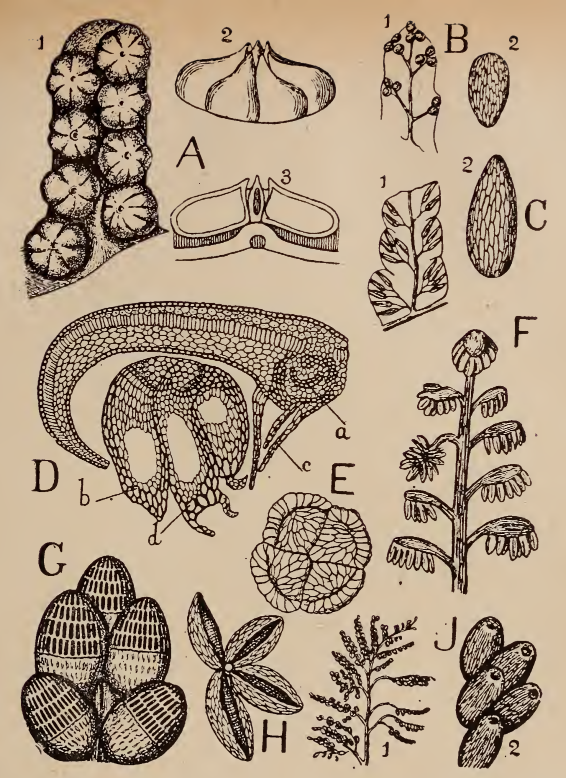


Fig. 49. — Fructifications de Fougères et de Ptéridospermées paléozoïques.

A. *Asterotheca :* 1, pinnule pourvue de huit synangium ; — 2, synangium vu de profil ; — 3, coupe schématique d'un synangium (d'après Stur).
B. *Renaultia ;* 1, pinnule fertile ; — 2, sporange isolé (d'après Zeiller).
C. *Dactylotheca :* 1, pinnule fertile ; — 2, sporange isolé (d'après Zeiller).
D. *Sturiella :* coupe transversale d'une pinnule montrant un synangium. — *a*, faisceau ligneux arqué de ladite pinnule ; — *c*, poils ; — *b*, *d*, cellules différenciées en vue de la déhiscence des sporanges (d'après Renault).
E. Sore d'*Oligocarpia* (d'après Stur).
F. *Crossotheca* (microsporanges de Ptéridospermées) : d'après M. Zeiller.
G. *Senftenbergia :* sommet d'une pinnule fertile, montrant cinq sporanges annelés (d'après B. Renault).
H. *Hawlea :* synangium, après la déhiscence des sporanges constitutifs (d'après Stur).
J. *Urnatopteris.* — 1, pinnules fertiles ; — 2, sporanges montrant leur pore apical (d'après M. R. Kidston).

chaque pinnule de quinze à trente suivant les régions des frondes considérées. A leur base, les pennes fertiles





A B

Fig. 50. — *Dactylotheca plumosa* Artis, sp., du terrain houiller.
A, segment fertile ; — B, sporange isolé (d'après M. Zeiller).

en étaient abondamment pourvues, dans toute leur étendue, puis elles l'étaient de moins en moins vers le







A B C

Fig 51. — A, B, *Renaultia microcarpa* Lesquereux, sp., du Westphalien : pinnules fertiles, montrant les sporanges aux extrémités de nervures (d'après M. R. Kidston) ; — C. *Renaultia chærophylloides* Brongniart, sp., du Westphalien supérieur : sporange isolé (d'après M. Zeiller).

sommet des pennes en question, où elles devenaient finalement tout à fait stériles.

Renaultia Zeiller. — Les sporanges du genre *Renaultia* (fig. 49, B, et fig. 51), observés sur divers *Sphenopteris* pécoptéroïdes du terrain houiller, tels que le *Sph. chærophylloides* Brgnt., sp., par exemple, aux extrémités des nervures secondaires des pinnules, étaient ovoïdes ou

piriformes, et bien moins allongés que ceux du genre *Dactylotheca*. Ils étaient en outre généralement isolés, mais, quelquefois aussi, groupés par deux ou trois (*Sph. microcarpa* Lesq.) [1].

Myriotheca Zeiller. — M. Zeiller a décrit un petit fragment de fronde indéterminable, rappelant assez, néanmoins, le *Sphenopteris neuropteroides* Boulay, sp., et dont la face inférieure était entièrement recouverte par des sporanges constitués comme ceux des *Renaultia* ou des *Angiopteris* [2]. Sur certains d'entre eux, il a remarqué une bande longitudinale de cellules un peu rétrécies par rapport aux autres ; quelques-uns même se trouvaient ouverts suivant une ligne correspondant à cette sorte de stomium.

M. Zeiller a désigné ce type de fructifications sous le nom de *Myriotheca Desaillyi*.

Sphyropteris Stur. — Chez divers *Sphenopteris* de l'époque westphalienne, les sporanges, isolés comme chez les *Dactylotheca*, étaient situés sur d'étroites expansions des pinnules, insérées aux extrémités distales de ces dernières, perpendiculairement à leurs nervures médianes.

Asterotheca Presl. — Un grand nombre de *Pecopteris* de l'époque houillère ont porté des sporanges ovoïdes, réunis par groupes de trois à six autour de réceptacles à peine saillants.

Ces différents groupes sont ordonnés suivant une ou plusieurs rangées parallèles aux nervures médianes des pinnules, et, dans chacun d'eux, les sporanges sont

1. Cf. Kidston, *Proc. roy. phys. Soc. Edinburgh*, t. VII, fig. 7-14.

2. Zeiller, *Fructifications de fougères du terrain houiller*, Ann. sc. nat., Bot., 6e série, t. XVI, p. 186-187.

soudés les uns aux autres, à partir de leur base, jusqu'à une certaine hauteur, de façon à constituer un synangium.

Ce type de fructifications, désigné par Presl sous le



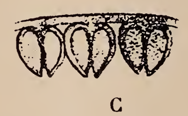


Fig. 52. — B, synangium d'*Asterotheca* ; — C, coupe longitudinale d'une pinnule d'*Asterotheca,* passant par trois synangium (d'après M Grand' Eury).

nom générique d'*Asterotheca* (fig. 49, A, et fig. 52), a subsisté jusqu'à la fin du trias.

Scolecopteris Zenker. — Les sporanges qui constituent le genre *Scolecopteris* (fig. 53) diffèrent des précédents par leurs extrémités distales longuement effilées,



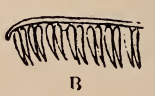


Fig. 53. — A, *Scolecopteris elegans* Zenker, du Permien inférieur : coupe transversale d'une pinnule fertile (d'après Zenker) ; — B, *Scolecopteris polymorpha* Brongniart, sp., du Stéphanien : coupe longitudinale d'une pinnule fertile (d'après M. Grand'Eury).

et aussi par les longs pédicelles des synangia constitués par leurs groupements. Ces sporanges ont été portés par divers *Pecopteris* rencontrés dans le houiller supérieur et le permien.

Chez le *Pecopteris polymorpha,* dont les fructifications sont construites suivant le type *Scolecopteris,* il existe sur la face inférieure des pinnules, de chaque côté

des nervures médianes, deux rangées de synangia, constitués chacun par quatre sporanges, et dont les réceptacles sont pourvus de quatre côtes longitudinales très accentuées, ce qui leur donne une forme de croix sur les coupes transversales. La paroi des sporanges comprend, du côté externe, des cellules à parois épaissies, et du côté interne, des cellules à parois minces. Les cellules à parois épaissies devaient servir à déterminer la déhiscence, comme les « anneaux » et les « plaques » différenciés dans ce but chez les *Leptosporangiées* actuelles [1].

Chez le *Scolecopteris elegans* Zenker, les sporanges sont souvent au nombre de cinq au lieu de quatre dans chaque synangium, et leur taille est moindre que celle des mêmes organes chez le *Pecopteris polymorpha*.

Ainsi que l'a remarqué Strasburger, les synangia des *Scolecopteris* rappellent ceux des *Marattia* par la forme de leurs sporanges, ceux des *Kaulfussia* par le groupement en cercle de ces derniers, et ceux des *Angiopteris*, en ce que les sporanges en question sont libres les uns par rapport aux autres dans leur partie supérieure [2].

Ptychocarpus Weiss. — Certains *Pecopteris* du houiller supérieur et du permien avaient leurs sporanges disposés par groupes de cinq à huit autour de réceptacles assez proéminents, et soudés les uns aux autres, dans chaque groupe, suivant toute leur longueur.

Chez le *Pecopteris unita*, qui était dans ce cas, les

1. Voir Renault, *Cours de botanique fossile*, 3e année, p. 116, et pl. 20, fig. 1-10.

2. Strasburger, *Jenaer Zeitschrift für Naturwissenschaft*, vol. VIII, 1874.

synangia, disposés suivant une ou deux séries, de chaque côté des nervures médianes des pinnules, étaient insérés vers le milieu de nervures latérales simples. Chacun d'eux contenait de six à huit sporanges complètement inclus dans un tissu délicat, et pourvus d'une paroi propre, dont les cellules, à membranes peu épaissies, étaient toutes semblables entre elles. En dedans de ces sporanges, il existait un faisceau ligneux dont la trace présente un contour étoilé et qui s'insérait sur la nervure correspondante [1].

Les fructifications ainsi constituées (fig. 54) ont été désignées sous le nom générique de *Ptychocarpus*. Elles rappellent beaucoup celles des *Kaulfussia*. Toutefois, chez ces derniers, chaque synangium est pourvu dans sa partie supérieure d'une dépression, autour de laquelle s'ouvrent les sporanges ; tandis que, chez les *Ptychocarpus*, ces derniers, emprisonnés dans une masse commune de tissu fondamental, ne pouvaient s'ouvrir qu'à leur sommet.

Cyathotrachus altus Watson. — D'autres synangia, rencontrés isolément en Angleterre, en association avec une pinnule pécoptéroïde (*Cyathotrachus altus*), se rapprochent davantage des *Kaulfussia* que ne le faisaient les *Ptychocarpus*, par le fait qu'ils possèdent une dépression apicale en forme de coupe, et, également, en ce qu'il existe des vaisseaux à la base de leurs sporanges [2].

Danæites Gœppert. — Certaines fructifications de

1. Renault, *Cours de Botanique fossile*, 3e année, p. 119 et pl. 20, fig. 16-19 ; — *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, 2e partie, p. 9-11.

2. Watson, *On a fern synangium from the lower coal-measures of Shore, Lancashire*, Journn. roy. microscop. Soc., 1906, part I.

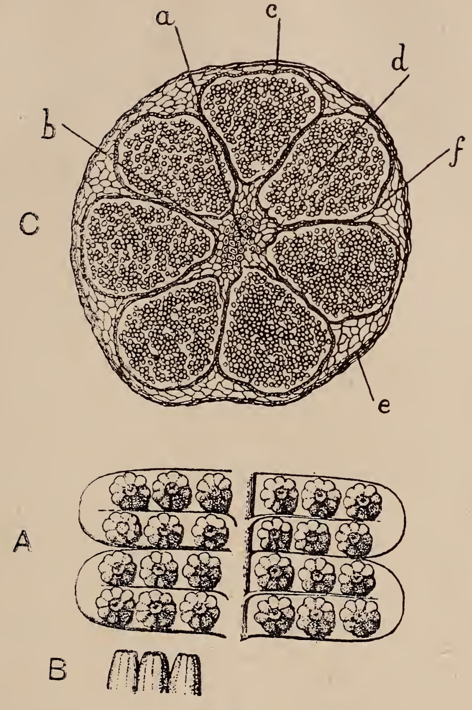


Fig. 54. — *Ptychocarpus unitus.*

A Pinnules fertiles avec de nombreux synangium ;
B. Synangium vus de profil ;
C Coupe d'un synangium, menée parallèlement au limbe qui le supportait, et montrant sept sporanges confluents. — *a*, faisceau du réceptacle ; — *b*, parenchyme de ce dernier ; — *c*, enveloppe des sporanges ; — *d*, spores ; — *e*, *f*, tissu enveloppant l'ensemble du synangium (d'après Renault et Grand'Eury).

Marattiales fossiles, observées sur quelques *Pecopteris* de l'époque houillère (*Danæites saræpontanus* Stur),

ainsi que sur quelques *Tæniopteris* du Keuper (*D. marantacea* Heer, *lunzensis* Stur), du jurassique (*D. Heeri* Zigno) et du crétacé, ressemblent beaucoup à celles des *Danæa* actuels, ce qui leur a valu l'appellation générique de *Danæites*.

Ces fructifications sont en effet constituées par des sporanges cylindriques coalescents, disposés de chaque côté des nervures médianes des pinnules suivant deux séries, au nombre de huit à seize dans chaque série. Les sporanges en question avaient, dans leurs parois, des cellules toutes semblables les unes aux autres, et chacun d'eux s'ouvrait grâce à un pore apical.

Sturiella Weiss. — Dans le genre *Sturiella* (fig. 49, D), établi pour désigner des fructifications décrites par Renault chez son *Pecopteris intermedia* [1], les synangia comprennent chacun cinq sporanges, coalescents à leur base et fixés à un pédicelle commun assez court.

Chaque sporange, en outre, possède dans sa partie supérieure un groupe de grandes cellules à parois épaissies, surmontées de poils unicellulaires plus ou moins sinueux. La présence de ces poils est particulièrement intéressante, car on ne l'a constatée que chez un nombre de *Fougères* extrêmement restreint.

Le groupe de cellules dont il vient d'être question se prolonge sur la face externe du sporange, jusque vers le milieu de la hauteur de celui-ci, par une bande longitudinale d'éléments à parois également épaissies.

Par la disposition de ses sporanges, ainsi que par la

1. Renault, *Cours de Botanique fossile*, 3e année, p. 122-123, et pl. 22, fig. 8-11.

forme du faisceau ligneux décrit par Renault dans les pinnules de son *Pecopteris intermedia* [1], le genre *Sturiella* rappelle tout à fait les fructifications des *Marattiacées*. Toutefois, il diffère de ces dernières par le système de cellules à parois épaissies qui vient d'être décrit, et aussi par la présence d'une assise *unique* de cellules dans la paroi de ses sporanges.

Discopteris Stur. — Certains *Sphenopteris* de l'époque houillère possédaient des sporanges très curieux, réunis en grand nombre à l'extrémité de réceptacles constitués par des relèvements des nervures latérales des pinnules (*Discopteris*). Les sores ainsi formés pouvaient être situés tout auprès des nervures médianes de ces dernières (*Discopteris karwinensis* Stur), ou bien aux extrémités des lobes des pinnules (*Disc. Schumanni* Stur).

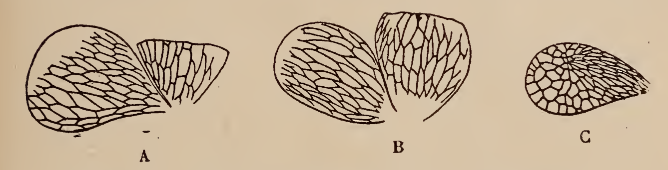


Fig. 55. — *Discopteris Rallii* Zeiller, du Westphalien.

A, B, sporanges vus en dessous ; — C, sporange vu en dessus (d'après M. Zeiller).

Chez les *Discopteris* [2] (fig. 55), les cellules des parois des sporanges variaient dans leur taille et dans l'épaisseur

1. B. Renault, *loc. cit.*, pl. 22, fig. 8.
2. Voir Zeiller, *Flore fossile du bassin houiller et permien de Blanzy et du Creusot*, p. 10-23.

de leurs membranes, suivant les régions considérées. Cette taille et cette épaisseur diminuaient en effet progressivement dans chaque sporange, de la face dorsale à la face ventrale, laquelle était pourvue d'un stomium à cellules très étroites, s'étendant de son sommet à sa base.

La face dorsale des sporanges, avec ses grandes cellules à parois épaissies, jouait évidemment le même rôle que l'« anneau » ou la « plaque » chez les *Filicales leptosporangiées* actuelles.

Les sporanges des *Discopteris*, comme ceux que Renault a attribués à ses *Diplolabis forensis* et *esnostensis* [1], présentaient ainsi une organisation intermédiaire entre celle des sporanges à paroi sensiblement homogène dans toute son étendue (*Angiopteris*, *Renaultia*, *Dactylotheca*), et celle des sporanges pourvus d'une « plaque » latérale nettement différenciée (*Osmondacées*).

Autrement dit, *entre le groupe des* Eusporangiées *et celui des* Leptosporangiées, *la distinction était bien moins accentuée à l'époque paléozoïque qu'elle l'est actuellement.*

L'ensemble des Fougères (Eu- *et* Leptosporangiées) *paraît ainsi constituer une série continue dans le temps* [2].

Osmondacées. — On connaît à partir de l'étage du culm des sporanges constitués comme ceux des *Osmondacées*, avec une seule assise de cellules dans leurs

1. B. Renault, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, 2e partie, p. 13, 16, 19, et fig. 9, 15.

2. Voir Zeiller, *Observations sur quelques Fougères des dépôts houillers d'Asie Mineure*, Bull. Soc. bot. France, t. XLIV, 1897, p. 205-209.

parois et une plaque latérale d'éléments à membranes épaissies.

Todeopsis B. Renault. — Certains de ces sporanges. rencontrés dans le culm d'Esnost, près d'Autun, ont été

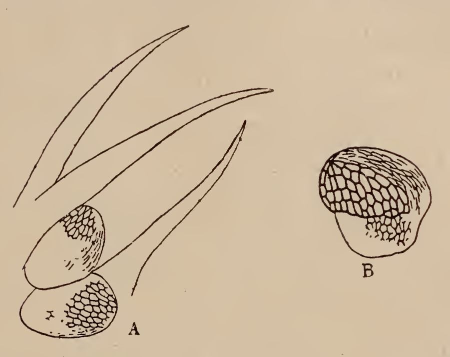


Fig. 56. — *Kidstonia heracleensis* Zeiller, du Westphalien.

A, portion d'une pinnule fertile, vue en dessous. — B, sporange isolé, vu de profil (d'après M. Zeiller).

désignés par Renault sous le nom de *Todeopsis primæva* [1].

D'autres, présentant des caractères analogues, ont été signalés par plusieurs auteurs, sans dénomination spéciale, dans les terrains des époques du culm et du permien [2].

1. B. Renault, *Flore fossile d'Autun...* (*loc. cit.*), p. 21 et fig. 18.

2. Zeiller, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, 1re partie, p. 16, 17, et fig. 11 ; — Solms-Laubach, *Ueber die in den Kalksteinen des Kulm von Glätzisch-Falkenberg erhaltenen structurbietenden Pflanzenreste*, Botan. Zeit., L, 1892, pl. 2, fig. 9, et p. 49, 73, 89 ; — F. Pelourde, *Observations sur quelques végétaux fossiles de l'Autunois*, Ann. Sc. nat , Bot., 9e série, t. XI, p. 367-369, et fig. 6-7.

Kidstonia Zeiller. — On peut rapprocher également des *Osmondacées* le genre *Kidstonia*, rencontré sur un *Sphenopteris*, dans l'étage westphalien, en Asie Mineure (*Kid. heracleensis* Zeiller) [1], bien que l'on ignore si les sporanges qui le constituent possédaient une ou plusieurs assises de cellules dans leurs parois.

Ces sporanges (fig. 56) étaient pourvus d'une « plaque » dorsale de cellules à membranes épaissies, occupant environ les trois quarts de la surface de leur hémisphère supérieur.

La plaque ainsi disposée dépassait de beaucoup en importance celle des *Osmondacées*, et *le genre* Kidstonia *constitue à cet égard une sorte d'intermédiaire entre cette dernière famille et le genre* Senftenbergia, *dont nous allons nous occuper maintenant* [2].

Schizéacées. — *Senftenbergia* Corda. — Dans les sporanges des *Senftenbergia* (*S. elegans*...) (fig. 57) qui ont été portés par quelques *Pecopteris* de l'époque houillère, la paroi de l'hémisphère supérieur est occupée presque exclusivement par des cellules à parois épaissies. Ces cellules sont seulement interrompues par une étroite bande méridienne de petits éléments à parois minces constituant un stomium, et équivalente à la zone, autrement plus importante, qui, chez le *Kidstonia heracleensis*, relie les bords de la « plaque [3] ».

Le genre *Senftenbergia* se rapproche beaucoup des

1. Zeiller, *Observations sur quelques Fougères des dépôts houillers d'Asie Mineure* (*loc. cit.*), p. 209 et suiv. ; — *Etude sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée*, Mém. Soc. géol. France, Paléontologie, 1899, Mém. n° 21, p. 21-23, fig. 6, 7, 8, et pl. 2, fig. 5, 6, 6A, 6B.

2. Zeiller, *Observations*... (*loc. cit.*), p. 213.

3. *Ibid.*, p. 213.

Schizéacées. M. Zeiller a d'ailleurs indiqué à l'appui de cette idée le fait que, actuellement, chez les *Lygodium japonicum, scandens, hastatum, circinatum, lanceolatum*, la « calotte » apicale des sporanges a souvent, en quelques points de son pourtour, deux étages de cellules. Dans certains cas, même, c'est l'existence d'une

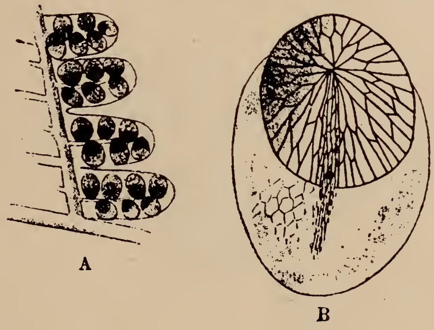


Fig. 57. — *Senftenbergia elegans* Corda, du Westphalien de Bohême.

A, fragment de penne fertile ; — B, sporange isolé (d'après M. Zeiller).

épaisseur unique de cellules dans cette calotte qui est exceptionnelle [1].

Ainsi, les divers sporanges dont il a été question jusqu'ici semblent bien constituer une série continue, les Marattiacées *étant reliées aux* Osmondacées *par les* Diplolabis *et les* Discopteris, *et les* Osmondacées *étant elles-mêmes reliées aux* Schizéacées *par les* Senftenbergia.

Klukia Raciborski. — Signalons encore, parmi les

1. Zeiller, *Observations...* (*loc. cit.*), p. 215, et fig. 7-12.

Schizéacées, le genre *Klukia* (*K. exilis* Phillips, sp.), du lias moyen et supérieur, dont les sporanges (fig. 58), portés par des pinnules pécoptéroïdes, possèdent une calotte apicale pourvue d'une seule rangée de cellules, ainsi que cela est normalement le cas chez les *Schizéacées* actuelles.

Hyménophyllacées. — On a rapporté à la famille

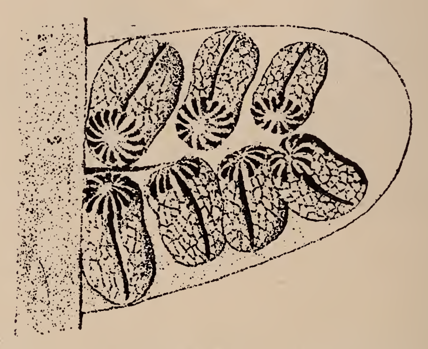


Fig. 58. — *Klukia exilis* Phillips, sp., du Lias de Cracovie : pinnule fertile (d'après Raciborski).

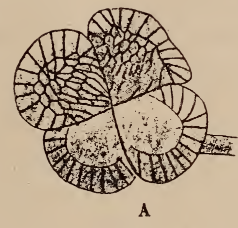
des *Hyménophylacées*, à cause de leur anneau transversal complet, divers sporanges portés par des *Sphénoptéridées* de l'époque houillère (*Hymenophyllites* Gœppert) [1].

Gleichéniacées. — *Oligocarpia* Gœppert. — Le genre *Oligocarpia*, qui sert à désigner un type de fructifications se rapportant à divers *Sphenopteris* de l'époque houillère, notamment au *Sph. Brongniarti*

1. Cf. Zeiller, *Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes* ; — B. Renault, *Flore fossile d'Autun...* (*loc. cit.*), 2e partie, p. 19-20.

Stur [1], semble devoir être rangé dans la famille des *Gleichéniacées*.

Les sporanges en question (fig. 59) sont réunis, généralement par cinq ou six, d'une manière rayonnante, en sores fixés à l'extrémité de certaines nervures latérales des pinnules. Chacun d'eux possède un anneau transversal complet disposé un peu obliquement, et



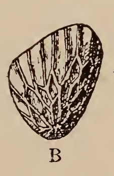


Fig. 59. — A, *Sore d'Oligocarpia Gutbieri* Gœppert, du Houiller de Saxe (d'après M Zeiller). — B, *Oligocarpia lindsæoides* Ettingshausen, sp., du Houiller de Bohême : sporange vu de profil (d'après Stur).

dont les cellules, beaucoup plus grandes que celles du reste de la paroi, ont leurs membranes à peine plus épaissies que celles de ces dernières.

Il est intéressant de constater que, dans le monde actuel, chez les *Mertensia glaucescens* Willd., *dichotoma* Willd, *Sieberi* Presl., également, l'anneau des sporanges, au lieu d'être situé dans un plan exactement perpendiculaire à l'axe de ces derniers, comme cela a lieu chez le *Mertensia pubescens* Willd., par exemple, est légèrement oblique par rapport à cet axe, et que ses cellules ont des membranes très peu épaissies [2].

1. Zeiller, *Fructifications de Fougères du terrain houiller* (*loc. cit.*), p. 190.
2. *Ibid.*, p. 190-195.

M. Zeiller a décrit d'autres sporanges semblables à ceux des *Gleichéniacées*, provenant des terrains permiens d'Autun [1].

Matoniacées. — Certains sporanges des temps secondaires, réunis en sores indusiés (*Matonidium* Schenk) ou non (*Laccopteris* Presl., *Microdictyon* Saporta), ont été rapportés à la famille des *Matoniacées* à cause de leur anneau très oblique [2].

Cyathéacées. — B. Renault a signalé [3] dans le culm de l'Autunois un sporange silicifié pourvu d'un anneau presque longitudinal, en tout cas bien plus oblique que celui des sporanges précédents, et rappelant beaucoup les fructifications des *Cyathéacées*.

Cette dernière famille, toutefois, n'est connue avec certitude qu'à partir de l'époque liasique.

Autres sporanges. — Dans les terrains carbonifères d'Angleterre, on connaît un assez grand nombre de sporanges à structure conservée rappelant à maints égards ceux des *Fougères* actuelles, notamment par la présence d'un anneau à leur surface (*Pteridotheca* Scott) [4].

Certains d'entre eux (*Pteridotheca Butterworthii* Scott) semblent bien n'avoir pas été réunis en synangia, et avoir possédé dans leur partie supérieure un groupe de cellules différenciées en vue de la déhiscence, rappelant celui que l'on connaît chez les *Schizéacées* ou

1. Zeiller, *Flore fossile d'Autun... (loc. cit.)*, 1re partie, p 12-14.
2. Voir notamment : Zeiller, *Sur les affinités du genre* Laccopteris (Bull. Soc. bot., France, t. XXXII, 1885) ; — A. C. Seward, *On the structure and affinities of* Matonia pectinata, *with notes on the geological history of the Matonineæ*, Phil. Trans. Roy. soc. London, vol. CXCI, 1899, p. 191-203.
3. *Flore fossile d'Autun... (loc. cit.)*.
4. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 291-294.

bien chez les *Osmondacées*. M. Scott ne préjuge rien quant aux affinités véritables des *Pteridotheca* et considère que l'on pourrait également les rapprocher de certaines *Marattiacées* telles que les *Angiopteris*, ou même des *Botryoptéridées*.

D'autres sporanges du même genre, assez abondants dans les « lower coal-measures » d'Angleterre (*Pteridotheca Williamsonii* Scott), semblent avoir été portés par des frondes sphénoptéroïdes.

Ces derniers étaient sessiles, à peu près sphériques, et remplis de nombreuses petites spores. Ils possédaient en outre un anneau très net, sensiblement longitudinal, rappelant beaucoup celui des sporanges de *Polypodiacées*, mais, toutefois, constitué par deux rangées de cellules.

Dans un travail récent [1], M. Kidston a créé, sous le nom de *Boweria*, un nouveau genre pour désigner les sporanges connus sous le nom d'*Hapalopteris schatzlarensis* Stur. Ces sporanges, placés autrefois dans le genre *Renaultia*, possèdent un anneau constitué par deux rangées de cellules, qui passe par leur sommet, et s'étend à droite et à gauche jusqu'à une assez faible distance de ce dernier.

Cet anneau n'apparaît que dans les spécimens bien conservés, et ceci explique que l'on ait pu confondre jusqu'à maintenant les genres *Boweria* et *Renaultia*. M. Kidston l'a observé, en particulier, avec une grande netteté, dans quelques échantillons provenant des couches westphaliennes du Yorkshire ainsi que dans un

1. R. Kidston, *Les végétaux houillers recueillis dans le Hainaut belge*, Mém. Mus. roy. hist. nat. Belgique, t. IV, 28 février 1911, p. 31-34.

autre, recueilli aux environs de Mariemont (Belgique).

Il considère sa disposition comme peut-être intermédiaire entre celles que l'on connaît : d'une part chez les *Botryoptéridées*, et d'autre part chez les *Filicales leptosporangiées*, sans pouvoir préciser autrement les affinités du genre *Boweria*.

De plus, selon lui, la structure des sporanges en question paraît semblable à celle des *Pteridotheca ;* mais il prétend que le *Boweria schatzlarensis* Stur, sp., se distingue spécifiquement des divers *Pteridotheca* signalés jusqu'ici.

Botryoptéridées. — Il existait encore à l'époque paléozoïque un ensemble de Fougères, très particulières à tous les points de vue, et que M. Scott notamment a groupées sous le nom de *Botryoptéridées* (*Botryopteris*, *Zygopteris*, *Stauropteris*...)

Zygopteris Corda. — Dans l'un des genres appartenant à ce groupe (*Zygopteris*), les sporanges (fig. 60), longs d'environ 2 mm. 5 et larges de 1 millimètre à 1 mm. 3, étaient plus ou moins arqués et possédaient plusieurs assises de cellules dans leurs parois, comme ceux des *Eusporangiées*. Les plus internes de ces cellules étaient allongées dans le sens tangentiel, tandis que les plus externes étaient sensiblement isodiamétriques.

Les sporanges en question étaient fixés au sommet de courts pédicelles, réunis eux-mêmes par groupes de trois à huit au sommet d'autres pédicelles, courts également, et représentant les dernières subdivisions des rachis des frondes fertiles.

Sur les deux faces de chaque sporange alternant avec

celles que traverse le plan de symétrie de ce dernier, on remarque deux bandes longitudinales constituées par plusieurs rangs de cellules à membranes très épaissies et plus grandes que celles du reste de la paroi.

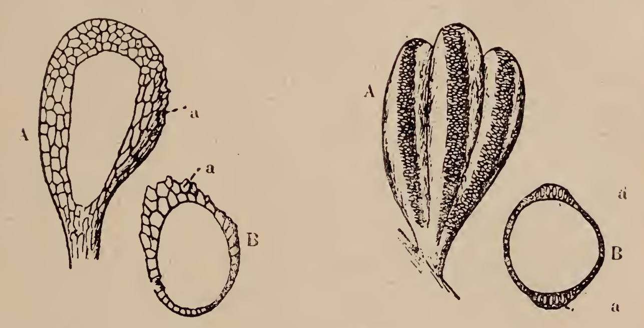


Fig. 60. — A gauche : *Botryopteris forensis* B. Renault, du Stéphanien.

A, sporange vu de profil, et sectionné longitudinalement ; — B, sporange sectionné transversalement (*a*, bande de cellules différenciées en vue de la déhiscence).

A droite : *Zygopteris pinnata* Grand'Eury du Stéphanien.

A, groupe de sporanges ; — B, coupe transversale d'un sporange (*a*, bande de cellules différenciées en vue de la déhiscence) (d'après B. Renault).

Ces deux bandes s'étendent de la base du sporange à son sommet, où elles ne se rejoignent pas tout à fait, mais sont séparées l'une de l'autre par des cellules à parois minces [1].

Botryopteris B. Renault. — Quant aux sporanges du *Botryopteris forensis* B. Renault (fig. 60), ils diffèrent principalement de ceux des *Zygopteris* par ce fait que

1. Voir B. Renault, *Flore fossile d'Autun...* (*loc. cit.*), p. 42-44, et pl. 31, fig. 5, 6, 7.

l'« anneau » s'y trouve représenté sur une seule des faces [1].

B. Renault a rencontré dans un échantillon provenant des terrains stéphaniens de Grand'Croix, près Saint-Etienne, un groupe de sporanges de *Botryopteris* recouvert par une sorte d'indusium extrêmement curieux. Cet indusium était constitué par des capsules pressées les unes contre les autres et que Renault considère comme équivalentes à des sporanges stériles et très modifiés.

Chacune des capsules en question avait une forme polyédrique, et sa base, arrondie, se trouvait orientée du côté externe.

Elle était, en outre, remplie par des cellules à parois minces, sensiblement isodiamétriques dans sa partie supérieure et très allongées dans sa partie inférieure. Quant à son contour, il était occupé par une assise d'éléments à parois très épaissies qui, à sa base, devenaient assez allongés, et se terminaient chacun par une sorte de mucron.

La cavité très réduite de ces cellules à mucron avait la forme d'une bouteille à col long et étroit, entouré par de nombreux canalicules qui s'étendaient à l'intérieur de ses parois latérales [2].

On a découvert en Angleterre, en association avec les *Botryopteris ramosa* et *hirsuta*, de nombreux sporanges plus petits que ceux du *Bot. forensis,* et qui doivent appartenir à ces dernières espèces [3].

Il semble enfin hors de doute que l'on doive rapporter

1. B. Renault, *Flore fossile d'Autun...* (*loc. cit.*), p. 54, et fig 9, 9 *bis*, pl. 32.

2. *Ibid.*, p. 54-56.

3. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 332, et fig. 124, 125.

au *Bot. antiqua* [1] des sporanges rencontrés fréquemment en compagnie de ses organes végétatifs, et constitués comme ceux des *Osmondacées* [2]. Chez les *Botryopteris*, la structure des sporanges s'est donc modifiée considérablement au cours des temps géologiques. Leurs cellules différenciées, réunies d'abord en plaques latérales (*Bot. antiqua :* Culm), sont arrivées finalement à constituer des bandes assez étroites, s'étendant suivant toute leur longueur, d'un seul côté (*Bot. forensis :* stéphanien).

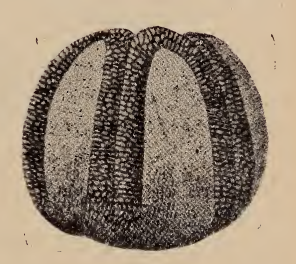


Fig. 61. — *Corynepteris Essinghi* Andræ, sp., du Westphalien : sore, vu de profil (d'après M. Zeiller)

Corynepteris Baily. — D'autres sporanges, désignés sous le nom générique de *Corynepteris* [3], et correspondant à diverses *Sphénoptéridées* et *Pécoptéridées* de l'époque houillère, étaient réunis dans chaque pinnule fertile en un sore unique, au nombre de 5 à 10 (fig. 61).

Chacun d'eux était pourvu d'un anneau longitudinal de cellules à parois épaissies, qui le contournait complètement, au lieu d'être interrompu à son sommet, comme cela avait lieu chez les *Zygopteris*. C'est par les bords de leurs anneaux que les divers sporanges se touchaient dans chaque sore.

1. Scott, *Sporangia attributed to* Botryopteris antiqua *Kidston* (Annals of Botany, t. XXIV, nº 116, 1910, p. 819, 820).

2. F. Pelourde, *Observations sur quelques végétaux fossiles de l'Autunois* (Ann. Sc. nat., Bot., 9e série, t. XI, 1910, p. 367, et fig. 6, 7).

3. Voir Zeiller, *Flore fossile de Valenciennes* (*loc. cit.*).

Les fructifications ainsi décrites, par le mode de groupement de leurs sporanges, rappellent les synangia de diverses *Marattiacées*, et, par leur structure, elles rappellent les *Zygopteris*. Elles combinent donc en

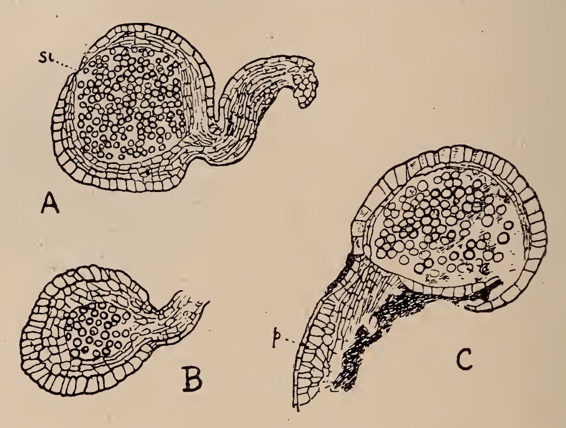


Fig. 62. — *Stauropteris oldhamia* : sporanges.

En A, on observe le stomium, *st.* — B, sporange coupé tangentiellement. — En C, on remarque le tissu palissadique du rachis, *p*, et, à l'intérieur du sporange, d'assez grosses spores, qui ont peut-être commencé à germer (d'après D. H. Scott).

quelque sorte des caractères de *Marattiacées* et de *Botryoptéridées* [1].

Stauropteris oldhamia Binney. — On connaît également les sporanges du *Stauropteris oldhamia*, grâce à M. Scott, qui en a trouvé en connexion avec des extrémités de rachis appartenant à cette espèce.

Ces sporanges (fig. 62), de forme sphérique, avaient,

1. Cf. Scott, *Studies...* (*loc. cit.*), p. 323.

comme ceux des *Zygopteris* et des *Botryopteris*, plusieurs épaisseurs de cellules dans leurs parois, mais ils étaient dépourvus d' « anneau ». Toutefois, les cellules de leur assise la plus externe étaient beaucoup plus puissantes que les éléments sous-jacents, sauf à leur extrémité distale, où ces cellules faisaient place à une sorte de stomium suivant lequel s'opérait la déhiscence [1].

A l'intérieur d'un sporange de *Stauropteris oldhamia*, M. Scott a observé des spores en germination, montrant plusieurs stades de développement tout à fait analogues à ceux que l'on a observés fréquemment à l'*intérieur* même des sporanges, chez diverses *Fougères* vivantes. Le *Stauropteris oldhamia* constitue bien une vraie *Fougère*, et non pas une *Ptéridospermée* [2].

Antérieurement, M. Scott avait observé des stades de germination analogues à l'intérieur d'un sporange qui, selon lui, pourrait avoir aussi appartenu à une espèce du genre *Stauropteris* [3].

STRUCTURE ANATOMIQUE

Etudions maintenant la structure de l'appareil végétatif chez un certain nombre de Fougères fossiles, en commençant par l'alliance des *Marattiales*.

1. Scott, *The sporangia of* Stauropteris oldhamia (The New Phytologist, vol. IV, 1905).

2. Scott, *The occurrence of germinating spores in* Stauropteris oldhamia (The New Phytologist, vol. III, 1904).

3. Scott, *Germinating spores in a fossil Fern-sporangium*, The New Phytologist, vol. III, 1904.

Marattiales.

Reconstitution. — La plupart des tiges de ces dernières ont été désignées sous les noms génériques de *Caulopteris*, *Ptychopteris*, *Psaroniocaulon*, *Psaronius*.

Mais, comme l'a démontré M. Grand'Eury [1], les spécimens connus sous ces multiples dénominations constituent en réalité des fragments d'individus analogues, provenant de niveaux relatifs variés, ou bien conservés de manières différentes. Les *Caulopteris* et les *Psaroniocaulon* représentent les empreintes des régions supérieure et moyenne des tiges en question, et les *Ptychopteris* sont des spécimens décortiqués des mêmes tiges. Quant aux *Psaronius*, ils en représentent des fragments à structure conservée.

Les tiges des *Marattiales* paléozoïques atteignaient une grande hauteur ; elles étaient couronnées à leur sommet par un bouquet de grandes feuilles appartenant au groupe des *Pecopteris cyathoïdes*, et portant comme fructifications les synangia désignés sous les noms d'*Asterotheca* et de *Scolecopteris*. Enfin, les pétioles de ces frondes sont connus à l'état silicifié sous le nom de *Stipitopteris* [2].

La portion supérieure des tiges considérées montrait à sa surface des cicatrices foliaires très nettes, et, dans leur partie inférieure, ces tiges étaient entourées par une gaine de racines adventives (fig. 63), laquelle devenait de plus en plus épaisse vers le bas, de sorte que

1. Grand'Eury, *Flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France* (Mém. sav. étrang. Ac. sc., 1877, p. 82).

2. Cf. Grand'Eury, *Flore carbonifère... (loc. cit.)*, p. 79, 80, 98.

l'ensemble d'une tige adulte avait la forme d'un cône très allongé [1].

On présume que ces racines naissaient dans l'écorce et



Fig. 63. — Racines de *Psaronius giganteus* Corda (photographie d'un échantillon du Muséum de Paris).

en faisaient éclater la zone externe, qui devait se détacher par plaques.

La gaine de racines en question pouvait atteindre une très grande épaisseur. Dans les collections du Muséum de Paris, j'ai rencontré un magma constitué exclusivement par des racines de *Psaronius giganteus*, et dont les deux plus grandes dimensions atteignaient respectivement 40 et 25 centimètres. Il est évident, d'après cela,

1. Cf. Rudolph, *Psaronien und Marattiaceen*... (Denksch. d. Kaiserlichen Akad. d. Wissensch., Bd 78, Vienne, 1906) ; — Grand'Eury, *Flore carbonifère*... (*loc cit*)., tableau de végétation B.

que la tige à laquelle a appartenu ce groupe de racines avait un diamètre considérable.

Structure des racines. — Les racines des *Psaronius* se trouvaient incluses, sur une grande partie de leur longueur, dans un parenchyme fondamental qui, jusqu'ici, avait été considéré, presque sans conteste, comme appartenant à l'écorce même des tiges. En réalité, ce parenchyme est constitué par la juxtaposition de touffes de cellules, issues en partie de la périphérie des tiges, mais surtout de celle des racines elles-mêmes, et dont l'ensemble simule à première vue un tissu homogène de nature caulinaire (fig. 64)[1].

Les racines des *Psaronius* comprenaient donc trois régions principales, savoir : 1° une région *basale*, située à l'intérieur même de la tige ; 2° une *médiane*, caractérisée par la présence des touffes de cellules dont il vient d'être question ; 3° enfin, une *terminale*, dépourvue de semblables formations, et dans laquelle la gaine scléreuse que l'on observe toujours à une certaine distance du cylindre central est séparée de l'épiderme par plusieurs assises de parenchyme[2].

En outre, chacune d'elles montre en son milieu, sur les coupes transversales, une étoile ligneuse généralement constituée, comme dans les mêmes organes, chez les *Marattiacées* actuelles, par un assez grand nombre de faisceaux plus ou moins coalescents au centre. Les

1. Cf. H. Graf zu Solms-Laubach, *Der tiefschwarze* Psaronius Haidingeri *von Manebach in Thüringen*, Zeitschrift für Botanik, III, 1911, Heft 11, p. 739, 746, 752, 754, et fig. 5, 7 ; — F. Pelourde, *Observations sur le Psaronius brasiliensis*, Ann. Sc. nat., Bot., 9e série, t. XVI, 1912, fig. 2 et 3.

2. H. Graf zu Solms-Laubach, *loc. cit.*, p. 755.

autres tissus de son cylindre central se trouvent en général détruits. Entre sa gaine scléreuse et son cylindre central, il existe un parenchyme que l'on a décrit comme

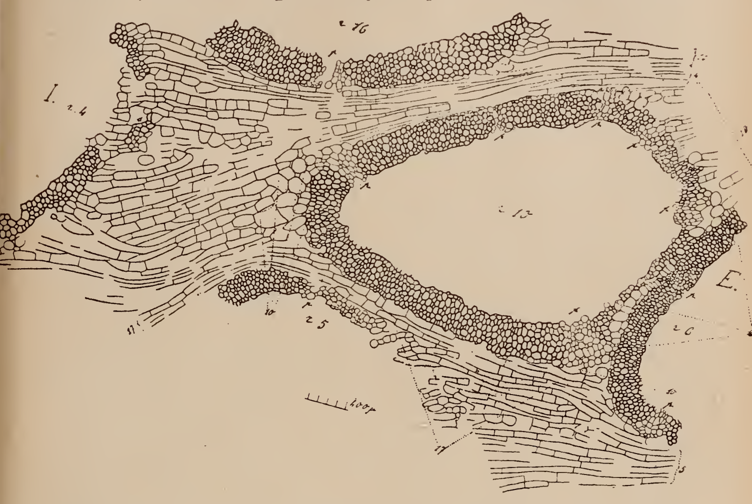


Fig. 64. — *Psaronius brasiliensis* (échantillon-type dit « de Guillemin » : coupe transversale).

I, côté tourné vers la tige ; — E, côté externe ; — *r*. 4, *r*. 5, *r*. 6, *r*. 10, *r*. 16, racines représentées par leurs gaines scléreuses et par les touffes de cellules qui en émanent : 4, 5, 6, 10, 16 ; — 17, touffe de cellules provenant d'une racine non figurée ; — *p*, massifs de parenchyme interrompant çà et là les gaines scléreuses ; — *s*, groupe assez réduit d'éléments sclérifiés.

étant tantôt compact, tantôt lacuneux. C'est sur ces prétendues différences que Stenzel s'était appuyé autrefois pour répartir les *Psaronius* dans deux subdivisions principales (*Helmintholithi* et *Asterolithi*) [1]. Cette répar-

1. Stenzel, *Ueber die Staarsteine*, p. 829-831.

tition était assez artificielle, d'ailleurs. Chez le *Psaronius brasiliensis*, par exemple, contrairement à ce que l'on a longtemps prétendu, l'écorce interne des racines était parsemée de lacunes, tantôt plus petites que les cellules environnantes, et ressemblant à de grands méats, tantôt atteignant la taille de ces cellules. Il se pourrait fort bien que, dans certaines conditions d'âge et de milieu tout au moins, les racines de tous les *Psaronius* eussent été lacuneuses [1].

Structure des tiges. — Les tiges silicifiées connues sous le nom de *Psaronius* montrent à leur intérieur un certain nombre de faisceaux plus ou moins allongés sur les coupes transversales, et inclus dans un tissu fondamental parenchymateux.

Ces faisceaux, qui s'anastomosent entre eux de distance en distance, sont ordonnés suivant plusieurs séries concentriques, et leur disposition générale rappelle beaucoup celle que l'on observe dans les tiges des *Marattiacées* actuelles. La région qu'ils occupent est souvent délimitée à l'extérieur par une gaine scléreuse discontinue. En tout cas, elle est entourée par un manchon de racines adventives incluses dans un tissu parenchymateux, et isolées seulement vers la base des tiges.

Les *Psaronius* peuvent être classés d'après le nombre des séries longitudinales de feuilles qu'ils ont portées, lequel est en rapport direct avec le mode de disposition de leurs faisceaux [2].

1. Cf. Zeiller, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac* ; — H. Graf zu Solms-Laubach, *Der tiefschwarze Psaronius Haidingeri* .. (*loc. cit.*), p. 731.

2. Cf. Zeiller, *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, p. 200 et suiv.

Ils se répartissent ainsi dans trois groupes :

1° Les *Ps. Polystichi*, possédant plusieurs séries de feuilles, et pourvus d'une gaine scléreuse en dedans de leur manchon de racines (*Ps. infarctus* Unger, *bibractensis* B. R., etc.). Ces *Psaronius* correspondent aux *Ptychopteris* et aux *Caulopteris* autres que le *C. aliena*.

2° Les *Ps. Tetrastichi* (*Ps. brasiliensis* Brgnt., *asterolithus* Cotta), pourvus de quatre séries de feuilles, et dont on ne connaît qu'un analogue à l'état d'empreintes (*Caulopteris aliena* Zeiller).

3° Les *Ps. Distichi* (*Ps. Brongniarti* Zeiller, *Levyi* Zeiller), qui correspondent aux empreintes connues sous le nom de *Megaphyton*. Les faisceaux de ces tiges sont ordonnés suivant deux séries opposées, c'est-à-dire d'une manière beaucoup moins compliquée que dans les groupes précédents.

Les faisceaux foliaires des *Psaronius* peuvent, dans certains cas, se former d'une manière très simple, par l'anastomose de deux des faisceaux périphériques de la tige [1].

Mais, généralement, leur origine est bien plus complexe.

On sait que beaucoup de tiges de *Psaronius* montrent, en dedans de leur gaine de racines, deux zones distinctes, dont la plus interne renferme des faisceaux assez faiblement courbés, et entremêlés de bandes scléreuses vers la périphérie. Quant à la zone externe, elle est subdivisée en compartiments, grâce à l'existence de bandes scléreuses radiales et tangentielles. A l'intérieur

1. Cf. Stenzel, in Goeppert, *Fossile Flora der perm. Formation*, pl. 5, fig. 1, 2.

de chacun de ces compartiments, se trouve un faisceau en forme d'U ouvert du côté interne, continu ou bien subdivisé en deux branches indépendantes.

Les divers faisceaux ainsi disposés ne sont pas équivalents entre eux, contrairement à ce qu'avaient pensé divers auteurs qui les considéraient tous comme des faisceaux foliaires.

Ces derniers alternent en réalité avec d'autres, qui leur ressemblent à première vue, mais qui ne sortent pas de la tige (« stèles périphériques » de M. Zeiller [1]).

Grâce à une série de coupes transversales prises à des niveaux très rapprochés dans une tige de *Psaronius infarctus* Unger, var. *hippocrepicus* (*Polystichi*), M. Zeiller a pu étudier les rapports extrêmement intéressants que présentent ces faisceaux périphériques avec les faisceaux foliaires [2].

Ceux-ci se formaient de la manière suivante (voir fig. 65) : d'abord, les extrémités de deux faisceaux périphériques voisines l'une de l'autre se détachaient de ces derniers, puis elles finissaient par se fusionner avec deux faisceaux de la zone interne. Les deux nouveaux faisceaux résultant de cette coalescence se réunissaient finalement en un seul, qui devenait le faisceau foliaire.

M. Zeiller a observé des transformations analogues chez le *Psaronius bibractensis* B. Renault [3].

Chaque faisceau foliaire de *Psaronius* présente sur les coupes transversales la forme d'une gouttière ouverte du côté supérieur, et dont les extrémités sont recourbées en crochets vers l'intérieur.

1. Zeiller, *Flore fossile d'Autun...* (*loc. cit.*), p. 182-184.
2. *Ibid.*, p. 184-186, et pl. 16, fig. 1-7.
3. *Ibid.*, p. 186-187.

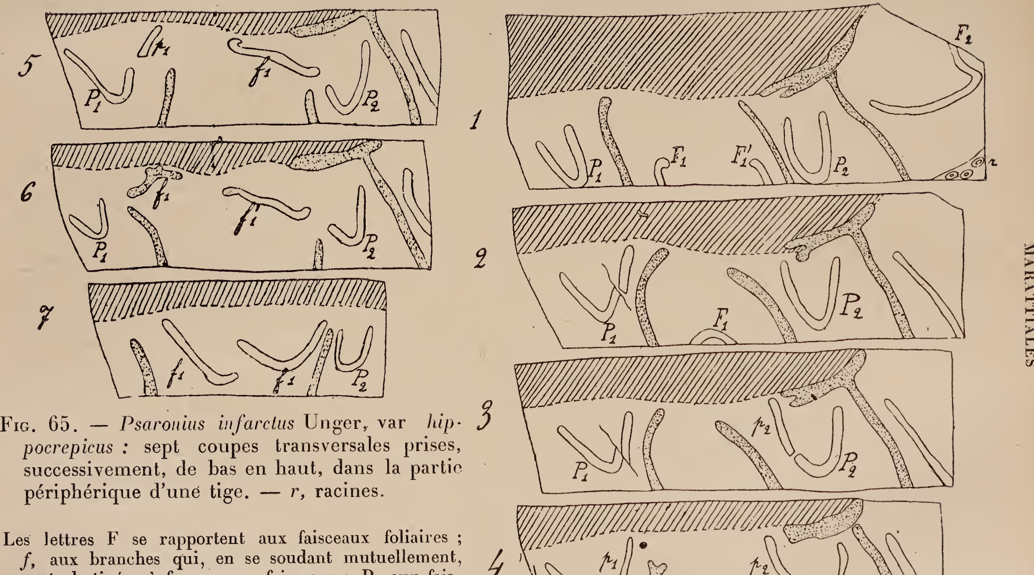


Fig. 65. — *Psaronius infarctus* Unger, var *hippocrepicus* : sept coupes transversales prises, successivement, de bas en haut, dans la partie périphérique d'une tige. — *r*, racines.

Les lettres F se rapportent aux faisceaux foliaires ; *f*, aux branches qui, en se soudant mutuellement, sont destinées à former ces faisceaux ; P, aux faisceaux « périphériques » ; *p*, aux branches de ces derniers qui vont s'anastomoser avec des faisceaux de la région centrale pour former les faisceaux foliaires. — Les divers faisceaux ligneux sont représentés en blanc, et les bandes de sclérenchyme en pointillé (d'après M. Zeiller).

8*

On retrouve la même forme dans les cicatrices pétiolaires de divers *Caulopteris* (*C. Saportæ* Zeiller, *Fayoli* Zeiller).

Dans les cicatrices de certains autres *Caulopteris* (*C. peltigera* Brgnt., *endorhiza* Grand'Eury, *patria* Grand'Eury, *Baylei* Zeiller), l'appareil conducteur est sensiblement plus compliqué. Il comprend en effet un contour elliptique complètement fermé, et, à l'intérieur de celui-ci, une bande ligneuse transversale assez courte, en forme d'arc ou de *v* renversé, dont les extrémités sont souvent recourbées vers le haut (Cf. fig. 66).

Les deux types d'organisation ainsi décrits chez les *Caulopteris* se transformaient d'ailleurs l'un dans l'autre à plusieurs reprises dans chaque fronde. A un certain moment, en effet, le faisceau initial unique se fermait à sa partie supérieure, après quoi ses extrémités ultimes se détachaient du contour externe ainsi formé, et finalement se réunissaient bout à bout. A d'autres niveaux, au contraire, c'est le phénomène inverse qui se produisait : le faisceau périphérique s'incurvait du côté supérieur, en face du faisceau interne, qui arrivait à se fusionner avec lui en son milieu ; puis, un sectionnement de l'ensemble ainsi obtenu, dans le sens du plan de symétrie, et un écartement des bords du faisceau unique reconstitué donnaient à ce dernier la forme d'arc qu'il avait antérieurement.

De telles modifications ont été observées sur place par M. Zeiller, qui a réussi à suivre un certain nombre de faisceaux foliaires de *Caulopteris endorhiza* transformés en houille, depuis leur origine jusqu'aux cicatrices

auxquelles ils aboutissaient (fig. 66 : 1a', 1a'', 1a''') [1].

Ces diverses manières d'être se transformaient parfois très rapidement les unes dans les autres. Ainsi, chez son *Caulopteris varians* (fig. 67), M. Zeiller a remarqué à la surface d'un même individu des cicatrices à faisceau unique, et d'autres dans lesquelles les bords libres du faisceau initial, détachés de ce dernier, étaient encore distincts l'un de l'autre, à l'intérieur d'un contour vasculaire incomplètement fermé. Dans d'autres cicatrices enfin, ce contour vasculaire était *complètement* fermé, et montrait à son intérieur un faisceau plus ou moins éloigné de sa région supérieure [2].

Des phénomènes du même ordre ont été constatés chez les *Caulopteris punctata* Lesquereux [3] et *protopteroides* Grand'Eury [4].

Quoi qu'il en soit, les transformations qui viennent d'être décrites se renouvelaient à plusieurs reprises dans l'étendue d'une même feuille.

STRUCTURE DES PÉTIOLES. — On a rencontré en effet dans les coupes des pétioles qui ont appartenu aux *Caulopteris* et aux *Psaronius* (*Stipitopteris*), tantôt un faisceau unique, comme dans les cicatrices foliaires du *Caulopteris Saportæ* (*St. Renaulti* Zeiller, *reflexa* Zeiller), tantôt un appareil conducteur plus compliqué, semblable à celui des cicatrices du *Caulopteris endorhiza*, par exemple (*St. peltigeriformis* Zeiller).

1. *Flore fossile de Commentry* (*loc. cit.*), p. 310-313, et pl. 36, fig. 1a', 1a'', 1a'''.

2. Zeiller, *Flore fossile de Commentry*... (*loc. cit.*), p. 326-328, et pl. 35, fig. 5.

3. *Geol. of Penn'a*, II, p. 869, et pl. 13, fig. 1.

4. Grand'Eury, *Flore carbonifère du département de la Loire*... (*loc. cit.*), p. 85, et pl. 10, fig. 1 ; — Zeiller, *Flore fossile de Commentry* (*loc. cit.*), p. 324-326, et pl. 35, fig. 4.



Fig. — 66. *Caulopteris endorhiza* Grand'Eury, provenant du « Banc des Roseaux », à Commentry.

1. — Portion d'un tronc dont les faisceaux ligneux et scléreux sont conservés sous la forme de lames charbonneuses, comme le montre la section inférieure de la région *a*. — *a*, cylindre central ; — *b*, empreinte

M. Grand'Eury a décrit, sans lui donner de nom spécifique particulier, un pétiole silicifié appartenant au genre *Stipitopteris*, et différant du *St. peltigeriformis* en ce que son contour vasculaire externe était ouvert dans sa partie supérieure [1].

Il est possible que cette particularité ait été constante dans certains cas, et qu'elle doive constituer un caractère spécifique. Je l'ai retrouvée en effet dans deux fragments de *Stipitopteris* mesurant respectivement 2 cm. 5 et 6 millimètres de diamètre, et provenant par conséquent de niveaux relatifs très éloignés l'un de l'autre [2].

J'ai démontré antérieurement que, dans les frondes des *Marattiacées* actuelles, l'appareil conducteur subis-

1. *Flore carbonifère du département de la Loire* (*loc. cit.*), p. 80, et pl. 13, fig. 2.

2. *Observations sur quelques végétaux fossiles de l'Autunois* (Ann. Sc. nat., Bot., 9e série, t. XI, 1910, p. 361-364).

laissée par la surface externe de ce dernier ; — *c*, empreinte de la surface de l'écorce.

1*a'*. — Portion du cylindre central du même tronc, fendu et vu à son intérieur ; l'une des cicatrices de la surface est représentée en pointillé. — *f*, faisceau foliaire se rendant à cette cicatrice ; — *r*, anastomose de deux des bandes ligneuses qui servent à constituer ce faisceau ; — *o*, point à partir duquel les bords dudit faisceau commencent à se replier en dedans ; — *p*, point de suture de ces mêmes bords ; — *g*, gaine du faisceau ; — *r'*, origine d'un autre faisceau foliaire.

1*a''*. — Groupe de trois cicatrices, détaché du bord du cylindre central, et dont la troisième, située à mi-hauteur derrière les deux autres, est masquée par elles. — *f*, faisceau foliaire ; — *r*, son origine ; — *g*, sa gaine.

1*a'''*. — La troisième cicatrice de ce groupe, vue dans sa position naturelle, après enlèvement des deux autres. — La cicatrice elle-même est tracée en pointillé, ainsi que le contour de la branche interne du faisceau foliaire, dans sa partie cachée. — Les lettres ont la même signification que dans l'avant-dernier paragraphe.

1*c*. — Fragment de l'empreinte de l'écorce externe, prise dans la partie supérieure de l'échantillon en question, en dehors de la portion figurée (d'après M. Zeiller).

sait des transformations analogues à celles qui viennent d'être signalées chez les *Marattiales* paléozoïques [1]. Toutefois, cet appareil conducteur, au lieu d'être *continu,* ou à peu près, se trouve constitué par de nombreux faisceaux distincts. Cette divergence, outre la particularité déjà signalée chez les *Psaronius* au point de vue des touffes de cellules qui réunissaient leurs racines, dans la plus grande partie de leur étendue, milite en faveur d'une opinion émise par M. de Solms-Laubach [2], d'après laquelle les *Psaroniées* semblent constituer un groupe spécial, distinct de celui des *Marattiacées* actuelles, quoique très proche de lui. Malgré cela, on peut dire que l'ensemble des *Marattiales* constitue une série très homogène dans le temps.

D'ailleurs, chez les *Marattiacées* actuelles, l'appareil vasculaire des frondes devient également continu aux extrémités de ces dernières. Il ressemble alors beaucoup à celui que l'on a décrit dans les rachis d'ordre inférieur de divers *Pecopteris* (*Pec. pennæformis* Brgnt., var. *Musensis, intermedia* B. Renault, *subcrenulata* B. Renault, *Geriensis* B. Renault [3]).

En résumé, *les diverses variations constatées dans l'examen des cicatrices des* Caulopteris *et des traces foliaires des* Stipitopteris *correspondent à des différences de niveaux : bien qu'elles soient d'une grande commodité pour la distinction pratique des échantillons, elles n'ont,*

1. F. Pelourde, *Comptes rendus Ac. sc.*, 25 novembre 1907, — et *Bull. Soc. bot. France*, 1908, p. 88-96, p. 112-119, et pl. 3, 4.
2. *Der tiefschwarze Psaronius Haidingeri...* (*loc. cit.*), p. 736.
3. B. Renault, *Flore fossile d'Autun...* (*loc. cit.*), p. 7 ; — *Cours de Botanique fossile*, 3e année, p. 122-124, 128, 132-134 ; pl. 22, fig. 1, 8, et pl. 23, fig. 10.

au point de vue absolu, qu'une valeur systématique secondaire.

AUTRES PSARONIUS

La grande majorité des *Psaronius* ont été recueillis dans des terrains rapportés au permien ou au carbonifère supérieur (Saxe, France, Bohême, Amérique du Nord, Brésil). Dans cette dernière région, où l'on ne connaissait jusqu'ici que le *Ps. brasiliensis*, on a découvert dernièrement de nouveaux types dont un certain nombre m'ont été très aimablement communiqués par M. de Solms-Laubach. L'une des formes qui se trouve entre mes mains se rapproche beaucoup du *Ps. bibractensis* B. Renault ; mais certaines particularités, relatives notamment à la formation des faisceaux foliaires, nécessitent la création d'une espèce nouvelle (*Psaronius Solmsi*) que je décrirai incessamment en détails, avec figures à l'appui. L'un des fragments de cette espèce représente une portion de la gaine de racines, détachée de la tige correspondante, et qui a entraîné avec elle une trace foliaire sortante : c'est là, si l'on peut dire, l'unique *Caulopteris* silicifié qui ait été rencontré à ce jour. La trace foliaire en question est constituée comme celle du *Caulopteris peltigera*, par exemple, c'est-à-dire qu'elle comprend un contour vasculaire fermé et une bande interne en *v* renversé.

On a encore signalé quelques fragments de *Psaronius* dans les « lower coal-measures » d'Angleterre. Certains de ces fragments ont été désignés par Williamson sous le nom de *Ps. Renaulti*. Dans cette espèce, la tige possédait, autour d'une moelle, un faisceau ligneux annu-

laire flanqué de liber sur ses deux faces, et pourvu d'un certain nombre de pôles du côté interne [1].

Dernièrement, M. Alfred Carpentier a décrit, sous le nom de *Psaronius Viconiensis*, un échantillon provenant du westphalien inférieur de Vicoigne (département du Nord) et constitué par des racines dont la masse ligneuse était triarche ou tétrarche [2].

Des racines tétrarches de *Psaronius* ont été signalées dans plusieurs cas, parmi d'autres racines présentant la complication ordinaire qui a été relatée précédemment [3]. Comme, d'autre part, certaines Fougères actuelles (*Diptéridinées*, *Matoniacées*, *Gleichéniacées*, *Osmondacées*) possèdent également des faisceaux radiculaires triarches ou tétrarches [4], on peut dire qu'il existe tous les intermédiaires, au point de vue qui nous occupe, comme au point de vue de la structure des sporanges, entre les *Eufilicinées* à racines diarches et les *Marattiales* (*Marattiacées* actuelles et *Psaroniées*).

En tout cas, la connaissance des *Ps. Renaulti* et *Viconiensis* tend bien à démontrer que la complication de l'appareil conducteur, dans la série des *Psaroniées*, diminue d'autant plus que l'on remonte davantage dans le passé.

1. Pour cette espèce, voir : Williamson, *On the organisation... (loc. cit.)*, part VII ; — et Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 301-302, et fig. 114.
2. A. Carpentier : *Comptes rendus Ac. sc.*, 4 mars 1912, p. 671-673 ; — *Ann. Soc. géol. du Nord*, t. XLI, 1912, p. 69-83, et pl. 3.
3. Cf. notamment : H. Graf zu Solms-Laubach, *Der tiefschwarze Psaronius Haidingeri... (loc. cit.)*, p. 729 ; — F. Pelourde, *Observations sur le Psaronius brasiliensis (loc. cit.)*, p. 349.
4. Cf. F. Pelourde, *Recherches comparatives sur la structure des Fougères fossiles et vivantes*, Ann. Sc. nat., Bot., 9e série, t. X, 1909, p. 133-134, 137 ; — *Remarques à propos de quelques Fougères mésozoïques*, Ibid., t. XIV, 1911, p. 93-95.

Ptychopteris Corda. — Certaines tiges de *Marattiales*, conservées sous la forme d'empreintes plus ou moins décortiquées, ont été longtemps considérées

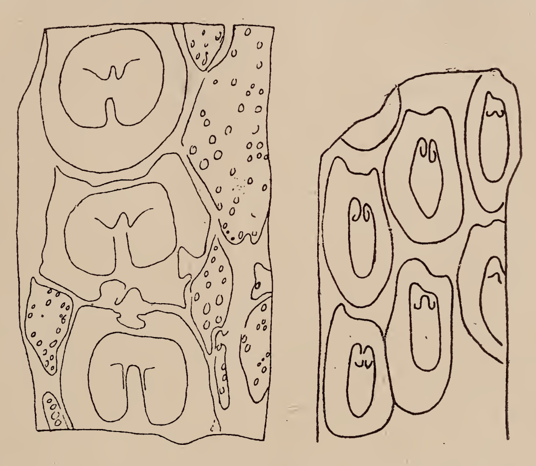


Fig. 67. — A gauche, *Megaphyton Mac' Layi* Lesquereux : trois cicatrices foliaires. — A droite, *Caulopteris varians* Zeiller, avec deux sortes de cicatrices, pourvues : les unes, d'un faisceau unique ouvert en haut ; les autres, d'un faisceau périphérique fermé, comprenant à son intérieur un autre faisceau en *v* renversé (d'après M. Zeiller).

comme appartenant à un genre spécial, le genre *Ptychopteris*.

A la surface de ces tiges, on remarque les cicatrices des traces foliaires, dont chacune est entourée par une gaine scléreuse, généralement ouverte dans sa partie inférieure.

Les facies *Caulopteris* et *Ptychopteris* sont susceptibles de coexister dans les mêmes échantillons. C'est ainsi que,

dans un spécimen de *Caulopteris endorhiza* (fig. 66 : 1), M. Zeiller à observé en une région (*a*) la surface du cylindre ligneux central (facies *Ptychopteris*), et en une autre région (*c*) le moule externe du contour de la tige (facies *Caulopteris*) [1].

Megaphyton Artis. — D'autres tiges de *Marattiales* fossiles, connues sous le nom générique de *Megaphyton*, possédaient seulement deux séries longitudinales de feuilles.

Chez certaines des espèces appartenant à ce genre (fig. 67) (*M. Mac' Layi* Lesq.), chaque cicatrice foliaire possède un contour vasculaire fermé, mais profondément déprimé dans sa partie supérieure.

De part et d'autre de la dépression ainsi formée, on remarque une bande ligneuse allongée transversalement ; quelquefois, ces deux bandes sont réunies en une seule. Rappelons à ce propos que, chez le *Caulopteris aliena*, il existe également à l'intérieur d'un contour vasculaire fermé deux bandes ligneuses au lieu d'une seule, comme c'est le cas chez les autres *Caulopteris*.

Chez le *Meg. insigne* Lesq., la dépression supérieure du contour vasculaire des cicatrices devient extrêmement prononcée et tend à subdiviser ce contour en deux autres.

Une semblable subdivision se trouve réalisée chez le *M. didymogramma* Grand'Eury [2] ; dans ce dernier cas, chaque cicatrice possède un appareil conducteur équivalent à deux traces foliaires de *Caulopteris*. Une pareille disposition correspondait sans doute à une dichotomie précoce des pétioles.

1. Zeiller, *Flore fossile de Commentry*, p. 318, 319, et pl. 36, fig. 1.
2. Grand'Eury, *Géologie et Paléontologie du bassin du Gard*, pl. 18, fig. 2.

Osmondacées.

On connaît également d'une manière très détaillée la structure de l'appareil végétatif des *Osmondacées* fossiles, grâce aux très belles recherches de MM. Kidston et Gwynne-Vaughan [1], dont nous allons résumer les principaux résultats.

Tiges. — Certaines des espèces étudiées par ces auteurs, qui proviennent du permien supérieur de Russie (*Thamnopteris Schlechtendali* Eichwald, sp., *Zalesskya diploxylon* Kidston et Gwynne-Vaughan, *Z. gracilis* Eichwald, sp.) avaient des tiges complètement dépourvues de moelle.

Dans chacune de ces tiges, le cylindre ligneux apparaît, sur les coupes transversales et sur les coupes longitudinales, continu jusqu'au centre et subdivisé en deux zones concentriques distinctes, les vaisseaux de la région interne étant plus larges et moins allongés que ceux de la région périphérique.

Au contraire, chez une autre espèce, provenant du système jurassique (*Osmundites Dunlopi* Kidston et Gw.-V.), les tiges possédaient une moelle très nette, entourée par un anneau ligneux *continu*.

Cet anneau se trouvait enfin subdivisé en faisceaux distincts chez d'autres espèces du jurassique (*Osmundites Gibbiana* Kid. et Gw.-V., *Kolbei* Seward), du crétacé inférieur (*Osmundites Skidegatensis* Penhallow),

1. Kidston et Gwynne-Vaughan, *On the fossil* Osmundaceae : 4 parties (Trans. Roy. Soc. Edinburgh, vol. XLV, part III, nº 27, 1907, p. 759-778 ; — vol. XLVI, part II, nº 9, 1908, p. 213-231, et part III, nº 23, 1909, p. 651-665 ; — vol. XLVII, part III, nº 17, 1910, p. 455-474).

de l'éocène inférieur (*Osmundites Dowkeri* Carruthers) ainsi que chez l'*Osmundites Schemnitzensis* Pettko, sp., recueilli aux environs de Schemnitz (Hongrie), dans des couches appartenant au miocène supérieur ou bien au pliocène inférieur.

L'appareil vasculaire ainsi constitué rappelle beaucoup celui que l'on observe dans les tiges de diverses *Osmondacées* actuelles, notamment dans celles de l'*Osmunda regalis*.

Quant à la moelle, elle était exclusivement parenchymateuse (*Osmundites Skidegatensis, Dowkeri* et *Schemnitzensis*), ou bien entremêlée de vaisseaux, comme c'est le cas chez l'*Osmundites Kolbei*, qui est d'ailleurs plus ancien que les trois espèces précédentes, au point de vue géologique.

Il semble que le système de faisceaux distincts observé dans les tiges de diverses *Osmondacées* soit dérivé phylogénétiquement d'un cylindre ligneux continu, lequel aurait transformé peu à peu sa région centrale en un tissu médullaire, après quoi l'anneau vasculaire résultant se serait fragmenté [1].

Il est intéressant de rappeler à ce sujet que, dans les tiges des *Todea superba* et *hymenophylloides*, MM. Seward et Ford ont signalé l'existence, sur les bords internes des cordons ligneux, de grands vaisseaux qui pourraient bien être des vestiges de la région centrale d'un cylindre ligneux ancestral continu [2].

En tout cas, l'évolution phylogénétique de l'appareil

1. Kidston et Gwynne-Vaughan, *loc. cit.*, part II, p. 229-230.

2. Seward et Ford, *The anatomy of* Todea, *with notes on the geological history and affinities of the* Osmundaceae (Trans. Linn. Soc. London, second series, vol. VI, Botany, 1901-1905, p. 248-249).

conducteur paraît bien avoir été du même ordre dans les tiges des *Osmondacées* que dans celles des *Lepidodendron* et des *Sigillaria*.

Pétioles et traces foliaires. — Les pétioles des *Osmondacées* fossiles étaient organisés de la même manière que ceux des représentants actuels du même groupe.

MM. Kidston et Gwynne-Vaughan ont décrit en détails, chez un certain nombre d'espèces, les transformations subies par ces faisceaux, depuis leur insertion sur l'appareil conducteur des tiges jusqu'au lieu de leur différenciation définitive.

Chez les *Zalesskya gracilis* et *diploxylon*, ainsi que chez le *Thamnopteris Schlechtendali*, chaque faisceau foliaire débutait, à la surface du cylindre ligneux de la tige, sous la forme d'une proéminence, pourvue à son intérieur d'un groupe de protoxylème [1]. Cette proéminence s'isolait à un certain moment, et quelques-uns de ses vaisseaux, situés en dedans de son îlot de protoxylème, se trouvaient remplacés par des éléments de parenchyme dont le nombre augmentait progressivement, si bien que, en définitive, il n'existait plus d'éléments ligneux en dedans du protoxylème.

Le faisceau foliaire avait alors une forme d'arc, et devenait ensuite de plus en plus allongé tangentiellement, tandis que son groupe initial de protoxylème se fragmentait en plusieurs autres.

Chez l'*Osmundites Skidegatensis*, les choses se pas-

1. Chez le *Thamnopteris Schlechtendali*, MM. Kidston et Gwynne-Vaughan ont rencontré quatre traces foliaires, détachées du cylindre ligneux de la tige, mais encore totalement dépourvues de parenchyme interne, et qui possédaient *deux* groupes de protoxylème au lieu d'un.

saient d'une manière sensiblement différente. Lorsqu'un faisceau foliaire, dans sa marche descendante, atteignait le cylindre central de la tige, ses deux extrémités se fusionnaient avec les faces externes de deux faisceaux ligneux de cette dernière.

L'arc ainsi obtenu était naturellement beaucoup plus profond que le faisceau foliaire. Ses deux branches latérales se rapprochaient de plus en plus l'une de l'autre et arrivaient à se fusionner ; on obtenait ainsi une masse ligneuse continue, possédant un groupe unique de protoxylème situé près de son extrémité externe, lequel finissait lui-même par disparaître à un niveau un peu plus inférieur.

Racines. — Les racines des *Osmondacées* fossiles possédaient un faisceau ligneux généralement diarche, comme celles de l'*Osmunda regalis*, par exemple.

Toutefois, chez le *Bathypteris rhomboidea* Kutorga, ce faisceau était tantôt diarche, tantôt triarche, comme chez le *Todea barbara*.

Ces différences doivent évidemment tenir à des questions de niveaux, et il est tout probable que les masses ligneuses diarches appartenaient à des régions voisines du sommet des racines, ou bien à des ramifications de ces dernières. Il a d'ailleurs été observé des transitions entre ces deux manières d'être [1].

Botryoptéridées.

Nous allons considérer maintenant un certain nombre de *Fougères* sans analogues dans le monde actuel, qui

1. Kidston et Gwynne-Vaughan, *loc. cit.*, part III, p. 660-661, et pl. 7, fig. 55, 56.

ont été classées de manières très diverses, et que M. Scott a réunies sous le nom de *Botryoptéridées* [1].

Botryopteris B. Renault. — Certaines de ces *Fougères* constituent le genre *Botryopteris*, dont les sporanges ont été décrits antérieurement chez une espèce, le *B. forensis* B. Renault.

Bot. forensis. — Chez cette espèce [2], la tige possédait un faisceau ligneux cylindrique pourvu d'un certain nombre de pôles à sa périphérie. Quant à l'écorce, elle était sclérifiée dans sa partie externe, et recouverte par un grand nombre de poils très caractéristiques.

Ces poils étaient constitués par un certain nombre d'articles emboîtés les uns dans les autres, dentés sur leurs bords à une extrémité, et pourvus chacun d'une cloison transversale à l'autre extrémité. Les différentes cloisons ainsi disposées étaient souvent pourvues à leur périphérie de perforations, en nombre égal à celui des dents, et alternant avec ces dernières, si bien que les articles successifs d'un même poil communiquaient les uns avec les autres.

Les poils ainsi constitués avaient l'aspect de prêles en miniature (*Equisetum*), ce qui leur a valu le nom de « poils équisétiformes ».

Renault les a rencontrés également à la surface des pétioles, des nervures, et quelquefois même du limbe, chez le *Bot. forensis*.

Chaque faisceau pétiolaire de ce dernier avait, en coupe transversale, la forme d'un ω ouvert du côté de la face supérieure de la fronde correspondante (fig. 68).

1. Scott, *Studies in fossil botany*, 2e éd., p. 305 et suiv.
2. Voir Renault, *Flore fossile d'Autun*... (*loc. cit.*), p. 47-59.

Renault a rapporté au *Bot. forensis* un fragment de jeune fronde encore enroulée en crosse, à cause de la présence à sa surface de nombreux « poils équisétiformes ». Il lui a rapporté également des pinnules lobées de grande taille, à nervures puissantes et dichotomes, pourvues des mêmes « poils équisétiformes ».

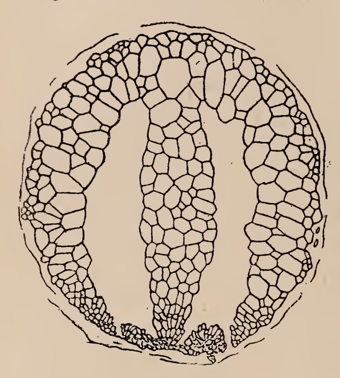


Fig. 68. — Partie ligneuse d'un faisceau pétiolaire de *Botryopteris forensis*, en coupe transversale (d'après B. Renault).

Bot. hirsuta Will., sp. — On a rencontré, dans les terrains carbonifères d'Angleterre, d'autres espèces de *Botryopteris*, sensiblement différentes de la précédente.

L'une d'entre elles, le *Bot. hirsuta* (fig. 69), possédait des tiges très petites, mesurant de 2 à 3 millimètres de diamètre seulement, et portant de nombreuses feuilles dont les pétioles étaient aussi larges ou même plus larges qu'elles.

En coupes transversales, les faisceaux ligneux de ces pétioles ont une forme à peu près elliptique, et ils montrent sur leur face supérieure trois proéminences, ce qui avait valu aux pétioles en question le nom de *Rachiopteris tridentata* [1].

1. Cf. Felix, *Untersuchungen über den inneren Bau westfälischer Carbon-Pflanzen*, Königl. preussischen geol. Landesanstalt, Bd. VII, Heft 3, 1886, p. 12 ; pl. I, fig. 2.

Ces trois proéminences marquent la position de trois groupes de protoxylème et équivalent à celles que l'on connaît chez le *Bot. forensis*, bien qu'elles soient beaucoup moins accentuées que ces dernières.

M. Scott a rencontré plusieurs pétioles de *Bot. hirsuta*

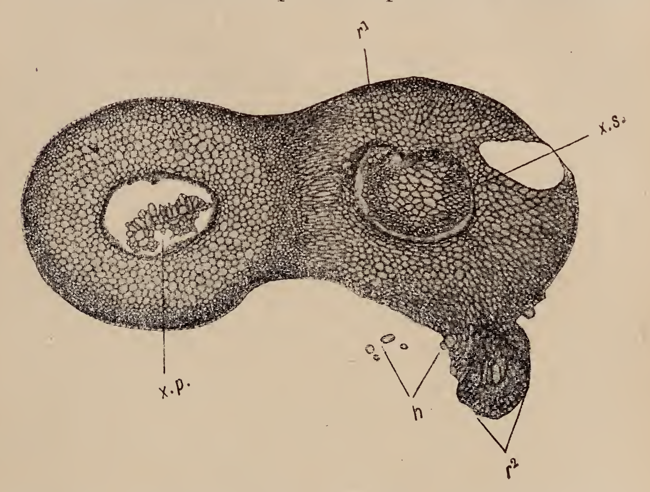


Fig. 69. — *Botryopteris hirsuta* Will., sp. : coupe transversale de la tige, au niveau de son intersection avec un pétiole.

x.s, bois de la tige ; — *x.p*, bois du pétiole ; — r^1, r^2, racines diarches, partant de la tige ; — *h*, poils (d'après D. H. Scott).

en voie de développement, dans lesquels les éléments du protoxylème étaient complètement différenciés, alors que les parois des autres vaisseaux étaient minces et non encore lignifiées [1].

Bot. ramosa Will., sp. — Un autre *Botryopteris*

1. Scott, *Studies in fossil Botany*, p. 328, et fig. 122.

d'Angleterre, le *B. ramosa*, diffère principalement du *B. hirsuta* par les dimensions relatives de ses pétioles et de ses tiges.

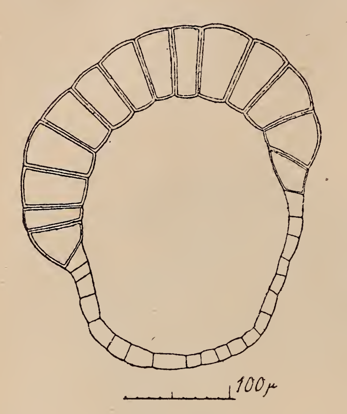


Fig. 70. — Coupe transversale d'un sporange observé dans un silex provenant du Culm d'Esnost, près d'Autun, et appartenant au *Botryopteris antiqua*. Les treize grandes cellules figurées avec un double contour représentent la trace d'une plaque latérale, différenciée en vue de la déhiscence et rappelant celle que l'on connaît chez les *Osmondacées*.

Chacune de ces dernières possède un faisceau ligneux cylindrique. Quant aux feuilles correspondantes, elles étaient ramifiées un grand nombre de fois.

Il est possible que le *B. ramosa* ait vécu en épiphyte sur des plantes plus puissantes que lui [1].

Bot. cylindrica Will., sp. — Chez une quatrième espèce, le *Bot. cylindrica*, les tiges, longues et étroites, se dichotomisaient un grand nombre de fois, et portaient des feuilles très clairsemées.

Les individus ainsi organisés avaient par conséquent un port très spécial, et M. Scott présume que le *B. cylindrica* devrait peut-être constituer le type d'un genre particulier [2].

Bol. antiqua Kidston. — Occupons-nous enfin d'un autre *Botryopteris* très intéressant, le *B. antiqua*, ren-

1. Seward, *Fossil plants*, vol. II, p. 441.
2. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 333.

contré d'abord dans le culm de Pettycur (Ecosse) [1] et dont j'ai signalé également l'existence dans le culm d'Esnost, près d'Autun [2].

Chez cette espèce, dont les sporanges étaient constitués comme ceux des *Osmondacées* (voir fig. 70),

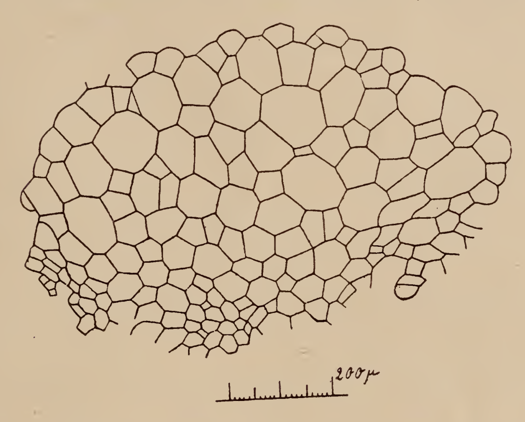


Fig. 71. — Faisceau ligneux d'un pétiole de *Botryopteris antiqua* (coupe transversale).

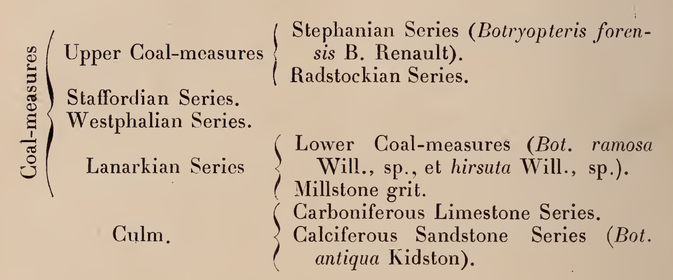
chaque faisceau pétiolaire a une forme ovale, en coupe transversale, et ses éléments de protoxylème sont dispersés sur toute sa face supérieure, au lieu d'être répartis dans trois groupes distincts, comme cela avait lieu chez le *Bot. hirsuta* (fig. 71).

1. Kidston, *On a new species of* Dineuron *and of* Botryopteris *from Pettycur, Fife*, Trans. roy. Soc. Edinburgh, vol. XLVI, part II, 1908, p. 361.

2. F. Pelourde, *Observations sur quelques végétaux fossiles de l'Autunois*, Ann. Sc. nat., Bot., 9e série, t. XI, 1910, p. 364-371.

Une telle constatation est particulièrement importante en raison de l'ancienneté du *Bot. antiqua*.

De cette manière, en effet, la trace foliaire des *Botryopteris* apparaît de moins en moins compliquée à mesure que l'on descend dans la série géologique [1], ainsi que le montre clairement le tableau récapitulatif suivant, reproduit d'après M. Kidston :



Coal-measures	Upper Coal-measures	Stephanian Series (*Botryopteris forensis* B. Renault). Radstockian Series.
	Staffordian Series.	
	Westphalian Series.	
	Lanarkian Series	Lower Coal-measures (*Bot. ramosa* Will., sp., et *hirsuta* Will., sp.). Millstone grit.
	Culm.	Carboniferous Limestone Series. Calciferous Sandstone Series (*Bot. antiqua* Kidston).

Clepsydropsis Unger. — Chez les *Clepsydropsis*, rencontrés assez communément dans les terrains dévoniens de la Thuringe (*C. antiqua* Unger...), chaque rachis principal possède un faisceau ligneux mésarche en forme de *clepsydre* (fig. 76 : 7), allongé perpendiculairement à son plan de symétrie. Ce faisceau est pourvu, à chacune des extrémités de son grand axe, d'une gouttière interne entourée par de petits vaisseaux évidemment plus primitifs que les autres.

Il est très probable que les vaisseaux initiaux ont d'abord rempli les deux lacunes en question, et qu'ils ont disparu ensuite en grande partie, au cours du développement ontogénétique. La disposition des pôles

1. Kidston, *On a new species...* (*loc. cit.*).

était donc « excentrique », comme c'était également le cas dans les pétioles des *Dineuron*, des *Diplolabis* et des *Zygopteris*, dont il va être question dans la suite [1].

M. Paul Bertrand a conclu dernièrement [2] qu'un certain nombre de fossiles étudiés par Unger (*Syncardia pusilla, Hierogramma mysticum, Arctopodium insigne, A. radiatum, Cladoxylon mirabile, C. dubium, centrale, Schizoxylon tæniatum*) représentent des tiges de *Clepsydropsis*. Ces fossiles constitueraient, d'après lui, deux espèces. Tous possèdent un bois primaire formé de lames rayonnantes, libres ou coalescentes, d'une manière plus ou moins irrégulière. Dans les spécimens les plus gros, ces lames sont entourées de bois secondaire.

ZYGOPTERIS Corda. — D'autres *Botryoptéridées* montrent sur les coupes transversales de leurs pétioles un faisceau ligneux en forme d'H, dont la barre transversale est à son origine orientée tangentiellement par rapport à la tige correspondante [3].

Z. bibractensis B. Renault. — Chez le *Z. bibractensis* (fig. 76 : 9), les deux branches latérales de ce faisceau ont la forme d'arcs concaves du côté interne, et chacune d'elles est constituée par deux bandes distinctes de vaisseaux, parallèles l'une à l'autre, séparées par du parenchyme, et coalescentes à leurs extrémités anté-

1. Voir, pour les différents modes de développement de l'appareil conducteur des plantes vasculaires : G. Chauveaud, *L'appareil conducteur des plantes vasculaires et les phases principales de son évolution*, Ann. Sc. nat., Bot., 9e série, t. XIII, 1911, p. 229-254.

2. *Comptes rendus Ac. sc.*, 16 novembre 1908.

3. Voir pour les *Zygopteris* et autres plantes affines l'important travail monographique de M. Paul Bertrand : *Etude sur la fronde des Zygoptéridées*, Lille, 1909.

rieure et postérieure. La bande externe, moins épaisse que la bande interne, est constituée par de très petits vaisseaux. Enfin, les groupes de protoxylème, au nombre de quatre, sont situés aux quatre points de jonction des bandes ligneuses en question, du côté interne.

Z. corrugata Will., sp. — Chez une autre espèce du même genre, le *Z. corrugata,* provenant des « lower coal-measures » du Lancashire (Angleterre), les branches latérales du faisceau ligneux de chaque pétiole sont plus courtes et moins fortement recourbées que chez le *Z. bibractensis.*

La tige du *Z. corrugata,* qui se ramifiait d'une manière dichotome, possédait une masse ligneuse sensiblement cylindrique, interrompue au centre par un tissu médullaire parenchymateux entremêlé de très petits vaisseaux, isolés ou réunis par groupes. La moelle ainsi constituée est prolongée à l'intérieur de l'anneau ligneux externe par des bandes rayonnantes.

Dans quelques spécimens de *Z. corrugata,* les vaisseaux périphériques, de grande taille, tendent à être ordonnés en séries radiales, faisant ainsi penser à des éléments de bois secondaire [1].

Botrychioxylon paradoxum Scott [2]. — Il importe de signaler à ce propos les caractères essentiels d'un type très curieux, découvert par M. D. H. Scott dans un coal-ball des environs d'Oldham. La tige de cette Fou-

1. Cf. Williamson, *On the organisation of the fossil plants of the coal-measures,* part VIII, pl. 5, fig. 19 ; — Paul Bertrand, *Etude sur la fronde des Zygoptéridées,* Lille, 1909, pl. 12, fig. 87 ; — D. H. Scott, *On Botrychioxylon paradoxum, sp. nov., a palæozoic fern with secondary wood,* Trans. Linn. Soc. London, vol. VII, part XVII, 1912, pl. 40, fig. 19, x^2.

2. Voir D. H. Scott, *On Botrychioxylon paradoxum... (loc. cit.).*

gère, comme celles des *Zygopteris corrugata* et *Grayi*, possède un massif central de parenchyme entremêlé de petits vaisseaux, qui se prolonge vers l'extérieur d'une manière rayonnante et constitue un bois primaire probablement centripète. Mais l'anneau ligneux qui entoure ce massif est formé par des séries radiales d'éléments, de nature secondaire. Rappelons que, dans certains cas, il a également été observé du bois secondaire chez certains *Zygopteris* (*Z. corrugata, duplex*[1]), mais, chez ces formes, le bois secondaire en question constituait seulement une portion de l'anneau ligneux périphérique : le reste de celui-ci était de nature primaire.

Plusieurs racines de *Bot. paradoxum* ont aussi montré à M. Scott, autour d'une bande diarche de bois primaire, un anneau de bois secondaire.

Quant à ses traces foliaires, tout en rappelant à certains égards celles du *Dineuron pteroides* B. Renault, elles ne peuvent être confondues avec aucune de celles des diverses *Botryoptéridées* décrites jusqu'ici.

Par le bois secondaire de sa tige, le *Bot. paradoxum* rappelle, dans le monde vivant, les *Ophioglossées* du genre *Botrychium*, mais, chez ces dernières, on ne trouve qu'exceptionnellement du bois primaire.

Tout considéré, le genre *Botrychioxylon*, qui prend place dans la grande famille des *Botryoptéridées*, révèle des affinités indéniables entre ces dernières et les *Ophioglossées*. Cette conclusion de M. D. H. Scott justifie une opinion que B. Renault avait formulée il y a trente-cinq ans[2].

1. Gordon, *On the structure and affinities of Metaclepsydropsis duplex*, Trans. roy. Soc. Edinburgh, vol. XLVIII, part I, 1911.

2. B. Renault, *Végétaux silicifiés recueillis aux environs d'Autun et de Saint-Etienne*, Autun, 1878.

Z. Grayi Will., sp. — On connaît encore un certain nombre d'autres tiges de *Zygopteris*. Celles du *Z. Grayi*, espèce connue dans les « lower coal-measures » d'An-

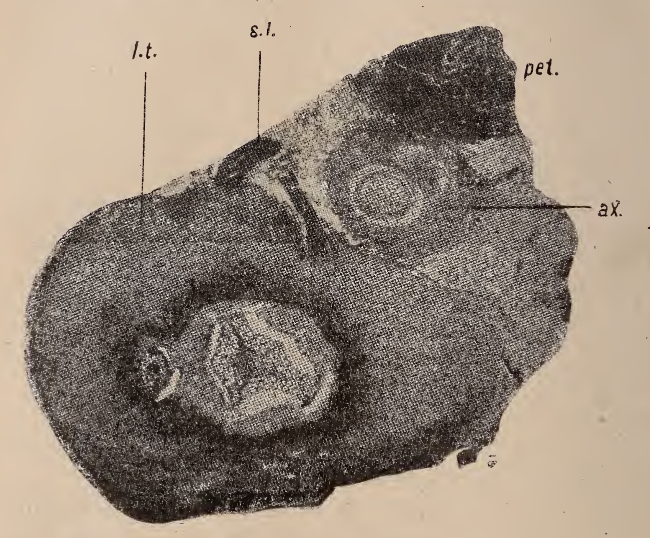


Fig. 72. — *Zygopteris Grayi* : coupe transversale de la tige, au centre de laquelle on remarque une étoile ligneuse à cinq branches.

l.t, trace foliaire, sur le point d'émettre un cordon axillaire ; — *s. l.*, feuille écailleuse ; — *a.x*, cordon axillaire du nœud immédiatement inférieur ; *pet*, portion du pétiole de la feuille correspondante (d'après D. H. Scott : photographie de M. L. A. Boodle).

gleterre, possédait une masse ligneuse en forme d'étoile à cinq branches, inégales par suite de l'émission des faisceaux foliaires (fig. 72).

En dedans de cette masse ligneuse, se trouvait un parenchyme médullaire, également étoilé, dont les rayons s'insinuaient à l'intérieur de ceux du bois péri-

phérique. Enfin, ce parenchyme contenait dans sa région centrale un anneau assez irrégulier de petits vaisseaux, prolongé vers l'extérieur par des appendices correspondant à ceux du parenchyme en question et environ deux fois moins longs que ces derniers.

Pour former les traces foliaires, les extrémités des rayons ligneux les plus allongés se détachaient, constituant ainsi chacune un faisceau triangulaire dont la base était dirigée du côté externe, et à l'intérieur duquel se trouvait inclus un parenchyme contenant de petits vaisseaux reliés à leurs analogues du centre de la tige.

Le faisceau ainsi formé se divisait, à l'intérieur de l'écorce, en deux cordons d'aspects très différents, dont le plus externe représentait le faisceau foliaire proprement dit. Ce dernier avait d'abord la forme d'une bande allongée tangentiellement, et légèrement renflée à ses extrémités. Les renflements ainsi disposés étaient les origines de deux branches latérales perpendiculaires à la bande tangentielle ; ils augmentaient graduellement d'importance, de manière à donner en définitive au faisceau la forme en H caractéristique du genre *Zygopteris*.

Quant à la portion interne du triangle ligneux initial, elle se rendait dans une ramification de la tige située exactement entre cette dernière et la fronde correspondante. Sa structure, quoique très simple, rappelait beaucoup celle de la masse ligneuse de la tige principale.

L'existence de semblables rameaux a été constatée pour la première fois par Stenzel chez son *Zygopteris scandens* [1], que quelques auteurs ont considéré comme identique au *Zygopteris Grayi*.

1. Stenzel, *Die Gattung* Tubicaulis *Cotta*, p. 35-36.

D'après Stenzel, des organes analogues paraissent avoir existé également chez le *Zygopteris Brongniarti* B. Renault [1].

M. Scott a signalé dernièrement, chez les *Z. Grayi* et *corrugata*, la présence d'écailles semblables à celles déjà décrites par Renault et Stenzel chez les *Zygopteris Brongniarti* et *scandens*. Ces écailles, qui rappellent les pinnules aberrantes connues sous le nom d'*Aphlebia* chez diverses *Fougères* et *Ptéridospermées* paléozoïques, existaient sur les tiges, et aussi à la base des pétioles. Chacune d'elles recevait un faisceau unique qui se subdivisait en deux, trois, ou quatre autres à son intérieur [2].

Dans un récent travail [3], M. Scott a rapporté au *Z. Grayi* un spécimen conservé dans un coal-ball, à Shore, Littleborough. Dans les traces foliaires de ce spécimen, les branches latérales de la masse ligneuse apparaissent constituées, comme chez le *Z. bibractensis*, par deux bandes de vaisseaux, coalescentes à leurs extrémités antérieure et postérieure. En outre, les frondes semblent bien avoir porté seulement deux files de ramifications, comme celles du *Z. bibractensis* et des autres *Zygopteris* présentant la même organisation dans leurs traces foliaires.

Il en est encore ainsi pour les spécimens-types du *Z. Grayi* (P. Bertrand et D. H. Scott). M. Scott a formulé la même opinion au sujet d'un autre échantillon de la collection Williamson, rapporté au *Z. Grayi*, non sans quelque réserve, toutefois.

1. Voir B. Renault, *Flore fossile d'Autun... (loc. cit.)*, pl. 31, fig. 2, *r*.
2. Scott, *Studies in fossil Botany*, 2e éd., p. 313, 314, et fig. 117.
3. Scott, *A palæozoic fern, the Zygopteris Grayi of Williamson*, Ann. of Bot., vol. XXVI, nº 101, janvier 1912, p. 39-66, et pl. 1-5.

Z. (*Ankyropteris*) *Williamsoni* P. Bertrand [1]. — Chez le *Z. Williamsoni*, représenté par un spécimen unique qui provient de Shore, Littleborough (Lancashire), la masse ligneuse de chaque faisceau pétiolaire, en coupe transversale (fig. 76 : 8), présente un aspect intermédiaire entre ceux que l'on a rencontrés chez le *Clepsydropsis antiqua* et chez le *Zygopteris bibractensis*.

Les branches latérales de cette masse ligneuse, très aiguës à leurs extrémités, sont nettement indiquées, mais bien moins importantes que chez le *Z. bibractensis*. Comme chez cette dernière espèce, elles sont subdivisées en deux régions distinctes, à la rencontre desquelles se trouvent situés les groupes de protoxylème.

Chez le *Clepsydropsis antiqua*, ainsi que chez les *Zygopteris* dont il vient d'être question (*Z. bibractensis, corrugata, Williamsoni*), les rachis principaux des frondes portaient *deux* séries latérales d'appendices, comme chez les *Fougères* actuelles.

Le faisceau destiné à chacun de ces appendices avait la forme d'un anneau aplati du côté interne, rempli de parenchyme, et comparable aux branches latérales des faisceaux des rachis principaux, chez les *Z. bibractensis* et *Williamsoni*. Il était orienté de manière que son plan de symétrie fût perpendiculaire à celui du rachis principal correspondant, au lieu de lui être sensiblement parallèle, comme c'est le cas chez les *Fougères* actuelles.

Chez d'autres *Botryoptéridées*, les rachis principaux

1. P. Bertrand, *Etude sur la fronde des Zygoptéridées*, p. 101-105.

portaient, de chaque côté, non plus une seule, mais *deux* rangées de ramifications. Le faisceau de chacune de ces ramifications avait une forme d'arc, orienté par rapport au rachis principal comme l'étaient ses analogues chez les espèces précédentes.

DINEURON B. Renault. — Tel est le cas, par exemple, du *Dineuron pteroides* B. Renault, dont l'unique spécimen que l'on connaisse provient du Culm d'Esnost, près d'Autun. Le faisceau pétiolaire de ce spécimen montre à son intérieur deux masses ligneuses séparées par des cellules parenchymateuses. Chacune des masses en question se termine du côté externe par deux crochets, dont les extrémités, très rapprochées l'une de l'autre, délimitent un massif de parenchyme très délicat.

On a probablement affaire là à un organe jeune, dont les deux masses ligneuses étaient destinées à se rejoindre chez l'individu adulte. M. Paul Bertrand rapporte d'ailleurs à la même espèce des pétioles provenant également d'Esnost, et dans lesquels il existait un faisceau ligneux unique, équivalent aux deux précédents [1].

D. ellipticum Kidston. — Une condition analogue était réalisée chez le *D. ellipticum*, provenant de la « Calciferous Sandstone Series » de Pettycur (Ecosse) [2].

Chez ce dernier, deux des crochets latéraux du faisceau ligneux étaient reliés l'un à l'autre, de manière emprisonner complètement à leur intérieur un îlot de parenchyme. Les deux autres crochets, au contraire, étaient disjoints (Cf. fig. 76 : 14).

1. Paul Bertrand, *loc. cit.*, p. 191.

2. Kidston, *On a new species of Dineuron and of Botryopteris from Pettycur, Fife*, Trans. roy. Soc. Edinburgh, vol. XLVI, part II, 1908.

Zygopteris duplex Will., sp. — Chez le *Z. duplex*[1], découvert aux environs de Burntisland (Ecosse), la masse ligneuse des pétioles (fig. 76 : 10) diffère principalement de celle des *Dineuron* en ce qu'elle est profondément étranglée en son milieu. En coupe transversale, elle ressemble ainsi davantage à une clepsydre que ne le faisait celle des *Clepsydropsis*.

Diplolabis B. Renault. — Chez les *Diplolabis* (*D. forensis* B. Renault, *esnostensis* B. Renault, *Römeri* Solms, sp.), l'étranglement des mêmes faisceaux ligneux devient encore plus accentué. Chacun de ces faisceaux a une forme d'X aux extrémités recourbées en crochets vers l'intérieur (Cf. fig. 76 : 11). Par son aspect général, il rappelle les faisceaux pétiolaires de beaucoup d'*Aspléniées* actuelles, mais il en diffère toutefois profondément par son orientation.

Zygopteris primaria Cotta. — Chez le *Z. primaria*, chaque faisceau pétiolaire, très étiré perpendiculairement à son plan de symétrie, comprend une bande médiane sensiblement plane et assez allongée.

Chez les formes précédentes (*Dineuron*, *Zyg. duplex*, *Diplolabis*, *Zyg. primaria*), le faisceau de chaque rachis principal, pour se ramifier, rapprochait l'une de l'autre deux de ses extrémités latérales, alternativement à droite et à gauche, isolant ainsi momentanément un îlot de parenchyme comparable à celui qui existe d'une manière continue au même endroit chez les *Clepsydropsis*, ainsi que chez les *Zyg. bibractensis* et *Williamsoni*. Puis, l'arc ligneux ainsi constitué se déta-

1. Voir au sujet de cette espèce : Gordon. *On the structure and affinities of Metaclepsydropsis duplex* (*Williamson*), Trans. roy. Soc. Edinburgh, vol. XLVIII, part I, 1911.

chait, et se subdivisait ensuite en deux faisceaux distincts, qui se dirigeaient dans deux rachis secondaires.

Dans d'autres cas, les bourgeonnements initiaux destinés à devenir les faisceaux des rachis secondaires se détachaient isolément, au lieu de se réunir au préalable. C'est ensuite seulement qu'ils se fusionnaient en une masse unique, laquelle se subdivisait peu après en deux faisceaux qui se rendaient dans deux ramifications du rachis principal.

Chez les formes en question, il n'existe donc, à aucun moment, d'îlots latéraux de parenchyme, mais seulement de légères concavités situées entre les pôles, lesquels sont séparés l'un de l'autre uniquement par l'épaisseur de la bande ligneuse transversale.

Cette bande peut être assez peu développée (*Z. Tubicaulis* Gœppert) ou bien au contraire être très allongée (*Z. Lacattii* B. Renault, *diupsilon* Will., sp.). Quant aux branches latérales, elles sont plus ou moins recourbées vers l'intérieur, comme chez le *Zyg. bibractensis*, et non plus vers l'extérieur, comme c'était le cas chez les *Diplolabis* et chez le *Zyg. duplex*. Elles peuvent en outre se terminer en pointes (*Z. diupsilon*) ou bien avoir leurs extrémités plus ou moins arrondies (*Z. Lacattii*). (Pour ces diverses modalités, voir fig. 76.)

Pour terminer l'histoire des *Zygopteris*, rappelons que l'on connaît certaines des frondes qu'ils ont portées [1].

Ces frondes, que M. Zeiller a classées sans hésitation dans le genre *Zygopteris* [2], étaient dimorphes.

1. Grand'Eury, *Flore carbonifère du département de la Loire...* (*loc. cit.*), p. 198-203 et pl. 17.

2. *Flore fossile de Commentry...* (*loc. cit.*), p. 76, et pl. 32, fig. 5-7.

Leurs échantillons stériles, désignés par M. Grand' Eury sous le nom de *Schizopteris pinnata*, atteignaient une grande taille, et leurs ramifications ultimes supportaient de petites pinnules flabelliformes et laciniées, dans lesquelles les nervures, ramifiées d'une manière assez irrégulière, s'anastomosaient de façon à constituer de grandes mailles sinueuses, plus longues que larges, et terminées en pointes à leurs extrémités.

Dans les frondes fertiles (*Schizostachys frondosus* Grand'Eury), les pinnules étaient remplacées par des groupes de sporanges constitués exactement comme ceux décrits par Renault chez les *Zygopteris*.

Stauropteris oldhamia Binney. — Chez le *Stauropteris oldhamia*, l'appareil conducteur des frondes acquiert une complexité encore plus grande que chez les *Zygopteris*. Le faisceau des rachis principaux comprend quatre masses ligneuses plus ou moins distinctes les unes des autres, et dont chacune est pourvue d'un pôle situé près de son extrémité externe (fig. 73).

Chaque rachis principal se subdivise en émettant, alternativement à droite et à gauche, deux ramifications, comme chez les *Dineuron* et aussi chez divers *Zygopteris*.

Les rachis secondaires ainsi disposés possèdent chacun un faisceau ligneux provenant de l'un des quatre massifs du rachis principal correspondant, et rappelant beaucoup, comme aspect général, le faisceau total de ce dernier. Ils sont orientés comme les ramifications des frondes chez les *Fougères* actuelles, et non plus comme celles des *Zygopteris*, des *Dineuron* et des *Clepsydropsis* : autrement dit, leurs plans de symé-

trie sont, non pas perpendiculaires, mais sensiblement parallèles à ceux des rachis principaux.

Ils se ramifient à leur tour de la même manière que ces derniers, ainsi que les rachis de troisième et

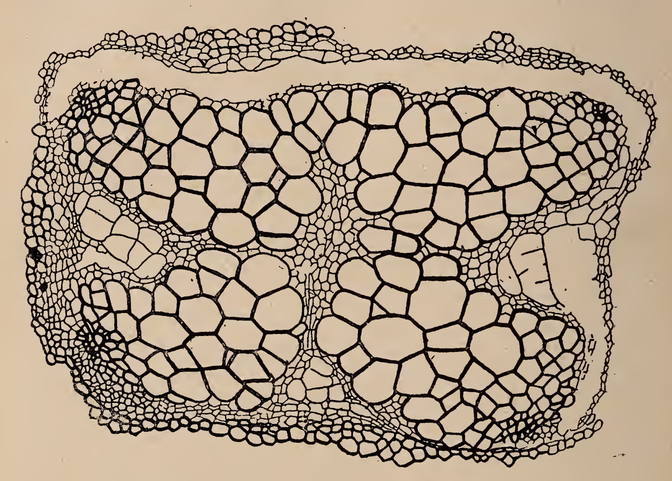


Fig. 73. — *Stauropteris oldhamia* : coupe transversale de l'appareil conducteur d'un rachis principal, comprenant une masse ligneuse en forme de croix et pourvue d'un pôle interne près de chacune de ses quatre extrémités (d'après Tansley).

quatrième ordre, lesquels possèdent un faisceau ligneux triangulaire, pourvu de trois pôles seulement [1].

Grammatopteris B. Renault. — Un autre genre de *Botryoptéridées*, le genre *Grammatopteris*, est repré-

1. Voir P. Bertrand, *loc. cit.*, p. 24-55. Voir encore, au sujet de la même espèce : Lignier, *Le Stauropteris oldhamia Binney et les Cœnoptéridées à la lumière de la théorie du mériphyte*, Mém. Soc. bot. France (Mém. nº 24), 1912, 31 p.

senté par une espèce unique, le *G. Rigolloti* B. Renault, et l'on en connaît seulement quelques échantillons silicifiés, provenant des environs d'Autun.

Les tiges du *G. Rigolloti* mesuraient de 12 à 15 millimètres de diamètre, et possédaient un cylindre ligneux continu, entouré par un anneau de liber. A la périphérie de ce cylindre ligneux, on remarque des pôles légèrement proéminents, constitués par de petits vaisseaux rayés et par des trachées, et auxquels aboutissaient les faisceaux foliaires.

Les tiges, en outre, étaient entourées par un grand nombre de pétioles pourvus chacun d'un faisceau ligneux en forme de bande diamétrale aplatie et comprenant un pôle à chaque extrémité.

Tubicaulis. — Signalons encore deux espèces appartenant au genre *Tubicaulis*.

T. Solenites Sprengel, sp. — Chez l'une de ces espèces, le *T. Solenites*, provenant du permien inférieur de Saxe, les tiges, dressées et entourées par de nombreuses feuilles entremêlées de racines adventives, possédaient chacune un faisceau ligneux cylindrique.

Quant aux traces foliaires, elles avaient la forme d'arcs, convexes du côté tourné vers l'axe des tiges correspondantes, et par conséquent ouverts du côté de la face *inférieure* des feuilles. Une semblable orientation rappelle ce qui a lieu chez certains *Schizæa* (*S. malaccana* [1]...) ; elle est au contraire l'inverse de celle que l'on connaît chez d'autres *Fougères* actuelles, telles

1. Voir F. Pelourde, *Recherches comparatives sur la structure des Fougères fossiles et vivantes* (Ann. Sc. nat., Bot., 9e série, t. X, 1910, p. 140 et suiv., et fig. 26).

que les *Osmondacées*, chez lesquelles l'unique faisceau de chaque fronde, également en forme d'arc, est ouvert du côté *supérieur*.

T. Sutcliffii Stopes. — Miss Stopes a décrit dernièrement une nouvelle espèce de *Tubicaulis*, le *T. Sutcliffii*, provenant des terrains carbonifères d'Angleterre [1].

Chez cette espèce, les faisceaux foliaires, d'abord ovales, devenaient graduellement arqués et se trouvaient orientés de la même manière que ceux du *T. Solenites*. Leurs groupes de protoxylème étaient situés sur leur face convexe. En outre, Miss Stopes y a constaté l'existence de vaisseaux intermédiaires, au point de vue de l'ornementation des parois, entre les vaisseaux scalariformes et les vaisseaux réticulés. Rappelons que de semblables éléments ont été également observés dans les genres *Sigillaria* et *Helminthostachys* (*Ophioglossée* actuelle). Quant aux racines adventives, elles étaient pourvues d'un faisceau ligneux diarche.

Dans un récent travail enfin, MM. C. Eg. et Paul Bertrand ont décrit un *Tubicaulis* provenant des environs d'Autun, probablement du Champ de la Justice, et dont ils ont cru devoir faire une espèce nouvelle (*T. Berthieri* [2]).

ASTEROCHLÆNA. — Chez les *Asterochlæna* (*A. laxa* Stenzel, *ramosa* Cotta), qui proviennent de l'étage permien, la tige montre, en coupe transversale (fig. 74),

1. Marie Stopes, *A new fern from the coal-measures* : Tubicaulis Sutcliffii, *nov. sp.* (Mem. and proc. Manchester lit. and phil. Soc., vol. L, 1906).

2. *Mém. Soc. hist. nat. Autun*, 24e Bull., 1911, p. 43-89, avec 3 pl.

un faisceau ligneux en forme d'étoile, dont les branches, beaucoup plus allongées que chez les *Zygopteris,* sont souvent dichotomes, et contiennent dans leur région médiane une bande radiale étroite de protoxylème. On retrouve encore des éléments de même nature parmi les



Fig. 74. — *Asterochlæna laxa :* portion de la coupe transversale d'une tige entourée de pétioles contenant chacun un faisceau arqué. Au centre de la tige, on remarque la masse ligneuse profondément lobée, et, autour de cette dernière, de nombreuses traces foliaires (d'après Stenzel).

cellules parenchymateuses qui occupent le centre de ce faisceau ligneux. Ces derniers sont équivalents aux *vaisseaux internes* observés dans la tige du *Zygopteris Grayi.*

Chaque faisceau foliaire possède une masse ligneuse d'abord continue, et pourvue d'un pôle unique, bientôt divisé en deux autres qui s'éloignent vers les extrémités de la masse en question. Il rappelle alors celui des *Clepsydropsis,* mais il n'a qu'un plan de symétrie : sa

section transversale est en effet légèrement arquée, et sa concavité, tournée du côté de la face supérieure de la fronde à laquelle il appartient.

Les deux massifs de parenchyme se trouvent alors plus rapprochés de sa face inférieure que de sa face supérieure ; il en est de même, par conséquent, de ses deux files de ramifications [1].

Quant aux racines, elles possèdent un faisceau ligneux diarche, comme celles du *Tubicaulis Sutcliffii* et du *Diplolabis Roemeri*, par exemple [2].

Anachoropteris Corda. — Dans d'autres pétioles de *Botryoptéridées*, désignés sous le nom générique d'*Anachoropteris* (*A. pulchra* Corda, *rotundata* Corda, *Decaisnei* B. Renault), les faisceaux ligneux ont la forme d'arcs, dont les extrémités peuvent être à peine repliées vers l'intérieur (*A. Decaisnei*), ou au contraire très profondément recourbées en crochets (*A. pulchra*).

En tout cas, l'ouverture de ces faisceaux se trouve tournée du côté de la face *inférieure* des pétioles, et non pas du côté de leur face *supérieure*, comme cela a lieu chez les *Osmondacées*. Chacun d'eux possède deux groupes de protoxylème assez proéminents sur sa face convexe. Il émet deux séries de ramifications latérales, orientées comme chez les *Fougères* actuelles.

Gyropteris Gœppert. — Chez une autre espèce extrêmement intéressante, le *Gyropteris sinuosa* Gœppert, provenant des terrains carbonifères de Glätzisch-Falkenberg (Silésie), chaque rachis montre, en coupe

1. P. Bertrand, *loc. cit.*, p. 129-130.
2. Pour plus de détails, voir : Paul Bertrand, *Structure des stipes d'*Asterochlæna laxa *Stenzel* (Mém. Soc. géol. Nord, t. VII, I, 1911).

transversale, un faisceau ligneux, allongé et sinueux, terminé par deux crochets recourbés du côté supérieur. Ce faisceau possède en outre, de part et d'autre de son plan de symétrie et à une certaine distance de ce dernier, un petit appendice très réduit. Il émet deux séries de ramifications latérales qui s'insèrent près des extrémités de ses deux appendices principaux (voir fig. 75).

M. P. Bertrand considère le *G. sinuosa* comme constitué par des fragments de rachis principaux de « Zygoptéridée », provenant de niveaux sensiblement éloignés de leurs points d'insertion sur les tiges. Les traces foliaires de ces rachis pourraient être dérivées de traces analogues à celles des *Diplolabis* par suite d'une disparition presque complète de deux de leurs appendices[1].

Conclusion. — Ainsi, la structure anatomique des *Botryoptéridées* est extrêmement variée. Comme l'ont remarqué divers auteurs, les *Botryopteris*, par la structure de leurs tiges, rappellent assez diverses *Hyménophyllacées*. Quant aux modes d'organisation de leurs pétioles, malgré de grandes différences apparentes, ils peuvent aisément être ramenés les uns aux autres.

Dans certains cas, les faisceaux de ces pétioles sont presque semblables à ceux des tiges (*B. antiqua*), dont ils diffèrent seulement par la position de leurs éléments de protoxylème, situés uniquement sur leur face supérieure.

D'autres fois, les éléments en question sont répartis, non plus uniformément sur la face supérieure des faisceaux ligneux, mais dans trois groupes distincts (*B.*

1. P. Bertrand, *loc. cit.*, p. 181-187.

ramosa, hirsuta), lesquels peuvent même devenir très proéminents (*B. forensis*).

Certains *Zygopteris*, par la moelle de leurs tiges, entremêlée de vaisseaux (*Z. Grayi* et *corrugata*), rappellent l'*Osmundites Kolbei* [1].

La tige du *Diplolabis Römeri*, décrite récemment par M. Gordon [2], rappelle encore davantage celles de certaines *Osmondacées*, par la trace de sa masse ligneuse, sensiblement ovale et dépourvue de proéminences rayonnantes. Cette masse ligneuse est complètement dépourvue de moelle, mais sa région centrale, avec ses vaisseaux courts et étroits, présente un aspect assez différent de celui de sa région périphérique.

MM. Kidston et Gwynne-Vaughan comparent cet état de choses à celui qu'ils ont constaté chez les *Osmondacées* fossiles appartenant aux genres *Zalesskya* et *Thamnopteris* : chez ces dernières, les vaisseaux les plus centraux sont également différents des autres et semblent en voie de disparition [3].

Considérons maintenant les traces foliaires des *Botryoptéridées*, en commençant par celles des *Clepsydropsis*, par exemple.

Ces dernières peuvent être comparées à celles des *Osmondacées* de la manière suivante [4].

1. Kidston et Gwynne-Vaughan, *On the fossil* Osmundaceæ (*loc. cit.*), part IV, p. 468.

2. Gordon, *On the structure and affinities of* Diplolabis Römeri *Solms* (Trans. Roy. Soc. Edinburgh, vol. XLVII, part IV, nº 24, 1911, p. 719).

3. Kidston et Gwynne-Vaughan, *On the fossil* Osmundaceæ (*loc. cit.*), part IV, p. 468, 469.

4. Kidston et Gwynne-Vaughan, *On the fossil* Osmundaceæ (*loc. cit.*), part IV, p. 469.

Chez le *Thamnopteris Schlechtendali*, il a été observé quatre traces foliaires possédant à leur intérieur, près de leur lieu d'origine, deux groupes de protoxylème au lieu d'un seul, comme c'est le cas ordinaire [1]. Si ces deux groupes étaient situés tout près des extrémités du grand axe des faisceaux qui les possèdent, ces derniers rappelleraient beaucoup ceux du *Clepsydropsis antiqua*.

Partant d'un type de structure analogue à celui qui vient d'être signalé chez le *Thamnopteris Schlechtendali* (fig. 76 : 6), il est facile de réaliser par l'intermédiaire des *Clepsydropsis* (fig. 76 : 7) celui que l'on connaît chez ceux des *Zygopteris* dont les frondes sont pourvues de deux files de rachis secondaires (fig. 76 : 8, 9). Il suffit pour cela de supposer :

1° Un allongement des extrémités du faisceau initial perpendiculairement à son grand axe ; 2° l'acquisition d'un nombre double de pôles ; 3° et la disparition des tout premiers vaisseaux, au cours du développement ontogénétique.

Si l'on part maintenant du genre *Dineuron* (fig. 76 : 14), chez lequel la forme des faisceaux pétiolaires rappelle beaucoup celle que l'on rencontre chez les *Clepsydropsis*, il est facile de réaliser également le type de structure que l'on connaît dans les frondes des *Diplolabis* (fig. 76 : 11), et aussi dans celles des *Zygopteris* chez lesquels les rachis principaux sont pourvus de quatre files longitudinales de ramifications (fig. 76 : 10, 12, 13) [2].

M. Gordon a d'ailleurs observé des termes de passage

1. Kidston et Gwynne-Vaughan, *loc. cit*, part III, p. 655, et pl. 5, fig. 33, 34.

2. *Ibid.*, part IV, p. 471-473.



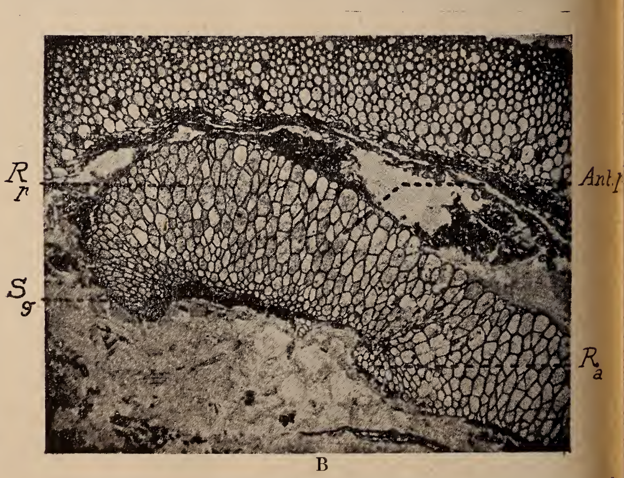
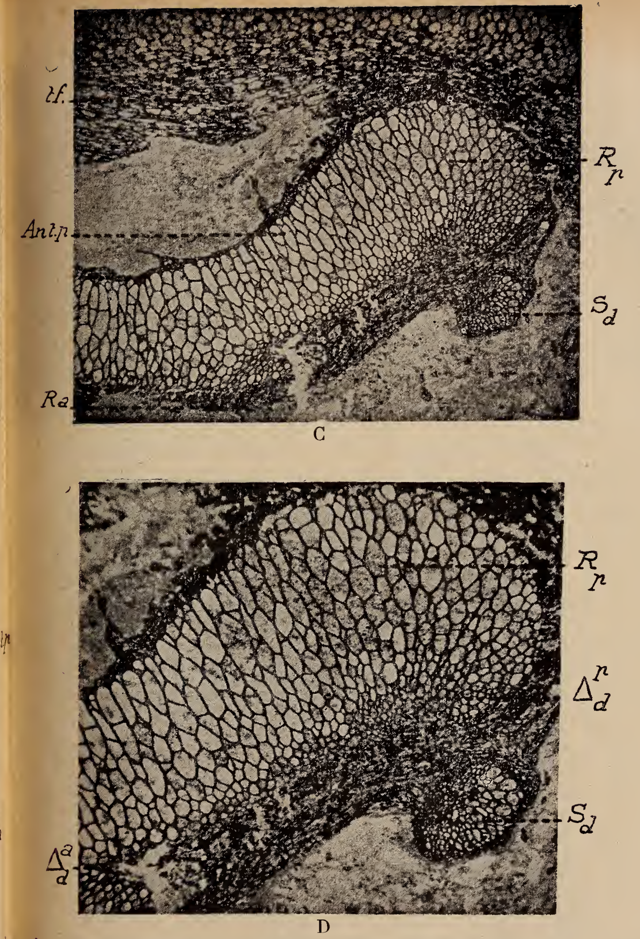


Fig. 75. — *Gyropteris sinuosa* Goeppert (coupe transversale
et provenant du calcaire c
A. — On voit l'ensemble du pétiole, avec sa gaine scléreuse (*tf.s*) et sa r
B. — Extrémité gauche de la masse ligneuse en question, à un plus fort
et à laquelle adhère, en *Sg*, la masse ligneuse d'un appendice du pétiole.
C. — Extrémité droite de la même masse ligneuse à un plus fort grossis
minces. — *Sd*, masse ligneuse d'un appendice du pétiole. — Pour le
D. — La même région, encore plus agrandie. — Δ_d^p, Δ_d^a, deux pôles.
M. Paul Bertrand).



sale prise dans l'échantillon-type, conservé au musée de Breslau
(ir carbonifère de Falkenberg).
a masse ligneuse (*Apl.*).
fort grossissement. — *Ant. p*, *Rp*, branche latérale postérieure *bien développée*,
cide. — *Ra*, branche latérale antérieure *rudimentaire*.
ossissement que dans la photographie A. — *t.f*, écorce environnante à parois
ur les autres notations, voir le paragraphe précédent.

ôles. — Pour les autres notations, voir l'avant-dernier paragraphe (d'après

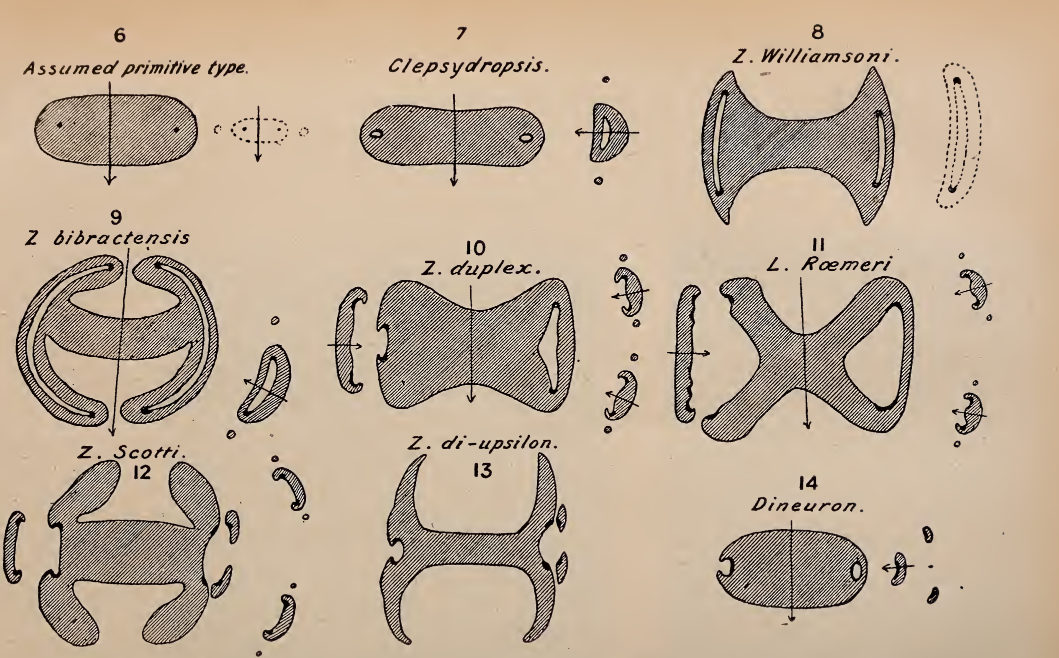


Fig. 76. — Schémas résumant l'histoire phylogénétique d'un certain nombre de *Botryoptéridées*, d'après les modifications de l'appareil vasculaire des frondes.

6, type primitif hypothétique; — dans les coupes 8-13, Z est l'abbréviation de *Zygopteris* (d'après MM. Kidston et Gwynne-Vaughan).

entre ces divers modes d'organisation, chez une même espèce, le *Diplolabis Römeri*. Il a constaté en effet que chaque trace foliaire de ce dernier, lorsqu'elle traversait l'écorce de la tige, variait considérablement d'aspect : d'abord elliptique, pourvue de deux pôles internes, et rappelant beaucoup celles des *Clepsydropsis*, elle devenait ensuite analogue à celles des *Dineuron*, puis elle prenait progressivement la forme caractéristique de celles des *Diplolabis*, grâce à l'acquisition de quatre appendices terminaux [1].

Tout se passe donc comme si les *Clepsydropsis* et les *Dineuron* étaient issus d'un ancêtre commun, dont seraient également dérivées les *Osmondacées*, et s'ils avaient engendré, dans deux directions différentes, les formes dont il vient d'être question [2], ainsi que l'indique brièvement le tableau ci-dessous :

Ancêtre hypothétique commun
- *Clepsydropsis — Zygopteris Williamsoni — Z. bibractensis.*
- *Dineuron*
  - *Zyg. duplex — Diplolabis — Zyg. primaria.*
  - *Zyg. Tubicaulis — Zyg. Lacattii — Zyg. diupsilon — Stauropteris.*

Le caractère le plus remarquable des *Botryoptéridées*, c'est l'orientation, chez un grand nombre d'entre elles, des rachis secondaires perpendiculairement aux rachis principaux.

Ces derniers devaient être dressés verticalement sui-

1. Gordon, *loc. cit.*, p. 721 et suiv., et pl. 2, fig. 21-29.
2. Kidston et Gwynne-Vaughan, *loc. cit.*, part IV, p. 473, et fig. 6-14, p. 472.

vant toute leur hauteur, de façon à permettre aux rachis secondaires de recevoir directement les rayons lumineux. Dans ces conditions, il est évident qu'il devenait nécessaire pour les plantes ainsi organisées de posséder plus de deux files de ramifications, afin que celles-ci se recouvrent les unes les autres aussi peu que possible. Ainsi, se trouvait finalement réalisée une symétrie radiale, et les rapports des rachis secondaires avec les rachis principaux étaient les mêmes que ceux des feuilles, en général, avec les tiges dressées. Pour ces raisons, il semble que, dans la plupart des cas, les tiges des *Botryoptéridées* en question doivent avoir constitué des rhizomes rampants [1].

Cyathéacées.

D'autres spécimens de Fougères à structure conservée se placent dans la famille des *Cyathéacées*.

Oncopteris. — Telles sont les tiges désignées sous le nom générique d'*Oncopteris* Dormitzer.

Ces dernières, recueillies en petit nombre aux environs de Kaunic, en Bohême, dans des roches gréseuses appartenant au crétacé inférieur, et conservées au Musée de Prague, ont été réparties par Velenovsky dans deux espèces, l'*O. Kauniciana* Dorm., sp., et l'*O. Nettvalli* Dorm [2]. Leurs cicatrices foliaires (fig. 77) montrent à leur intérieur deux groupes de faisceaux, situés l'un au-dessus de l'autre. Le groupe le plus infé-

1. Kidston et Gwynne-Vaughan, *loc. cit.*, part IV, p. 473, 474.

2. Cf. Velenovsky, *Die Farne der böhmischen Kreideformation*, Abhandl. der K. böhm. Gesellsch. der Wiss., VII Folge, 2. Band, 1888, p. 22-23, et pl. 5, fig. 1, 6.

rieur est constitué par de nombreux petits faisceaux disposés suivant un arc aux extrémités recourbées vers l'intérieur. L'autre comprend deux faisceaux, en forme de V ou d'arcs plus ou moins nets, dont l'ouverture est située du côté interne.



FIG. 77. — Quatre cicatrices foliaires observées à la surface d'une tige d'*Oncopteris Nettvalli*. — Chacune de ces cicatrices montre à son intérieur deux groupes de faisceaux ligneux disposés l'un au-dessus de l'autre. L'un de ces groupes, situé du côté inférieur (ou ventral) est constitué par de nombreux petits faisceaux, ordonnés suivant un arc aux extrémités plus ou moins recourbées vers l'intérieur. Quant à l'autre, il est constitué seulement par deux grands faisceaux continus en forme de V ouverts du côté interne (d'après Velenovsky).

La disposition relative de ces deux derniers faisceaux correspond exactement à celle des deux groupes en forme de 7 signalés par Thomæ chez les *Cyathea*.

Il est vrai que leur masse ligneuse est continue au lieu d'être fragmentée. Mais, à divers niveaux, dans les frondes des *Cyathea*, il arrive souvent que les deux groupes en forme de 7 sont également continus ; ils rappellent alors beaucoup, par leur forme et par la position qu'ils occupent, les deux grands faisceaux figurés par Velenovsky dans les cicatrices de l'*Oncopteris Nettvalli*.

Feistmantel et quelques autres auteurs ont rapproché les *Oncopteris* des *Cyathéacées*. Velenovsky, qui ne partage pas leur opinion, à cet égard, rappelle qu'ils se sont appuyés pour l'établir sur l'examen de cicatrices incomplètes, dépourvues des deux grands faisceaux

supérieurs. Personnellement, il considère les *Oncopteris* comme différant beaucoup de toutes les Fougères vivantes connues, principalement au point de vue phyllotaxique, tout en comparant les cicatrices foliaires de l'*O. Kauniciana* à celles du *Dicksonia punctata*[1].

En réalité, comme je l'ai montré dans les lignes qui précèdent, ces cicatrices sont nettement construites suivant le même plan que celles des Cyathéées, *et c'est du côté de cette dernière tribu qu'il convient de rechercher les affinités du genre* Oncopteris.

Protopteris. — Ce dernier se distingue du genre *Protopteris*, qui appartient également à la famille des *Cyathéacées*, par des différences du même ordre que celles qui existent entre les représentants actuels de la tribu des *Dicksoniées* et ceux de la tribu des *Cyathéées*.

On sait d'ailleurs que les *Protopteris*, recueillis dans divers terrains appartenant aux systèmes jurassique et crétacé, ont été rapprochés des *Dicksoniées*, notamment en raison de la structure de leurs tiges[2]. On présume en outre qu'ils ont dû porter certaines des frondes rapportées au genre *Dicksonia*, que l'on a rencontrées dans les mêmes horizons géologiques, mais dont on ne connaît malheureusement pas la structure anatomique.

En tout cas, chacune de leurs cicatrices foliaires (fig. 78), possède un faisceau unique en forme de double « hippocampe », avec deux étranglements latéraux très nets et une plaque inférieure sensiblement plane[3].

1. Velenovsky, *loc. cit.*, p. 22.
2. Cf. notamment B. Renault, *Cours de botanique fossile*, 3e année.
3. *Ibid.*, p. 74, et pl. 9, fig. 3.

Ce faisceau diffère beaucoup, à première vue, de la bande vasculaire très sinueuse que l'on observe vers la base des pétioles des *Dicksoniées*. Mais cette dernière, dont le nombre des sinuosités diminue progressivement, arrive, à un certain niveau, à ressembler beaucoup au faisceau foliaire des *Protopteris*. Elle a alors nettement la forme d'un double « hippocampe », avec, du côté inférieur, une bande transversale sensiblement plane, et terminée par un groupe de protoxylème à chacune de ses extrémités [1]. La région centrale de chacun de ses « hippocampes » ne possède guère qu'une assise de vaisseaux, au lieu d'être renflée plus ou moins, comme cela a lieu chez le *Pteris longifolia* ou l'*Aspidium umbrosum*,

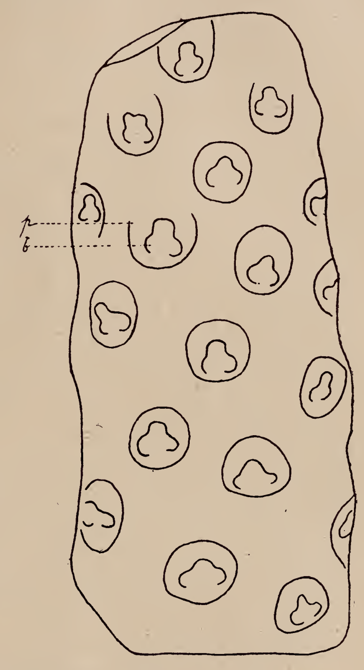


Fig. 78. — Portion d'une tige de *Protopteris Singeri*, montrant un certain nombre de cicatrices foliaires.

p, contour d'une de ces cicatrices ; — *b*, trace de son faisceau ligneux (d'après Corda).

1. Cf. F. Pelourde, *Recherches comparatives*... (*loc. cit*), p. 121.

par exemple. Il présente ainsi une épaisseur à peu près uniforme dans toute son étendue, comme les faisceaux foliaires des *Protopteris*.

Les racines des *Protopteris* présentent dans leur écorce, comme celles d'un grand nombre de Fougères vivantes, une zone parenchymateuse externe et une zone scléreuse interne, dont les cellules ont leurs parois toutes également épaissies. De plus, les vaisseaux y sont ordonnés suivant une bande diamétrale bicentre, comme chez l'immense majorité des *Eufilicinées*. Cette structure, très nette chez les *Protopteris Cottai* Corda [1] et *microrhiza* Corda [2], se retrouve également dans l'échantillon que Stenzel a appelé *Caulopteris arborescens* [3]. Cet échantillon diffère par cela même profondément des *Caulopteris*, tels qu'on les définit d'ordinaire (troncs de *Marattiacées* fossiles), car ceux-ci, comme les *Marattiacées* vivantes, possèdent dans leurs racines un assez grand nombre de faisceaux libériens et ligneux.

En somme, à tous les points de vue, les Protopteris *manifestent des affinités très nettes vers la tribu des* Dicksoniées, *de même que les* Oncopteris *en manifestent vers celle des* Cyathéées.

Diptéridinées.

Une autre famille de *Fougères* fossiles, celle des *Diptéridinées*, est connue depuis la fin de l'époque

1. Corda, *Beitraege zur Flora der Vorwelt*, p. 79 ; pl. 49, fig. 6, et pl. 50, fig. 2.

2. *Ibid.*, p. 80, et pl. 50, fig. 10.

3. *Verkieselte Farne von Kamenz in Sachsen* (Mitt. aus dem König., miner., geolog. und prähistor. Museum in Dresden, 13 Heft, 1897, p. 10-15 et fig. 14-18).

triasique ; elle a existé, plus ou moins abondante, en divers points de l'Europe, au cours de l'ère secondaire, et on en a signalé également des représentants dans l'Amérique du Nord, ainsi qu'en Perse et au Tonkin [1] ; mais, jusqu'ici, sa présence n'a pas été indiquée avec certitude dans l'Inde, non plus qu'en Afrique, en Australie et dans l'Amérique du Sud, c'est-à-dire dans les restes de l'ancien continent de Gondwana.

Actuellement, elle n'est représentée que dans l'Inde et les îles malaises, par le genre *Dipteris,* qui comprend quatre espèces [2].

Frondes. — Les frondes des *Diptéridinées* fossiles ont été classées dans plusieurs genres [3], dont les deux plus intéressants à retenir sont les genres *Dictyophyllum* et *Camptopteris*.

Chez les *Dictyophyllum,* les pétioles se dichotomisaient à leur extrémité supérieure en deux branches très courtes (*D. Nilssoni* Brongniart, sp., *Gollioni* F. Pelourde, *Vieillardi* F. Pelourde...), ou au contraire notablement allongées et recourbées du côté externe, où elles supportent une rangée de pennes (*D. exile* Brauns, sp., *Nathorsti* Zeiller...) (fig. 79).

Chez le *Camptopteris spiralis* Nathorst, les deux branches provenant de la dichotomie du pétiole sont très allongées et tordues de telle sorte que, sur chacune

1. Zeiller, *Flore fossile des gîtes de charbon du Tonkin,* in Etudes des gîtes minéraux de la France, 1903, p. 94-131, et pl. 18-34.

2. Cf. Seward et Dale, *On the structure and affinities of* Dipteris, *with notes on the geological history of the* Dipteridinæ, Phil. Trans. roy. Soc. London, t. CVIC, 1901, p. 487-492.

3. Voir Seward et Dale, *On the structure and affinities of* Dipteris, *with notes on the geological history of the Dipteridinæ,* Phil. Trans. roy. Soc. London, vol. CVIC, 1901.

d'elles, les pennes, au nombre de cent cinquante à cent soixante, se trouvent disposées d'une manière spiralée. (fig. 80).

Rhizomopteris Gunni. — Parmi les *Diptéridinées*

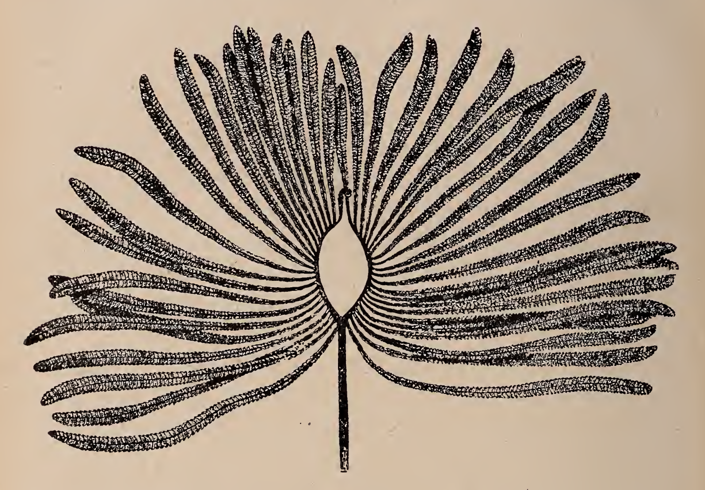


Fig. 79. — *Dictyophyllum exile* Brauns, sp. Reconstitution de la fronde, avec seulement la partie supérieure du pétiole (d'après M. Nathorst).

fossiles, le seul spécimen de tige qui puisse donner une idée de sa structure propre a été recueilli dans un terrain rapporté au jurassique supérieur, aux environs de Culgower (Sutherland) et désigné par M. Seward sous le nom de *Rhizomopteris Gunni* [1]. Ce spécimen

1. Seward, *The Jurassic Flora of Sutherland*, Trans. roy. Soc. Edinburgh, vol. XLVII, part IV (nº 23), 1911, p. 671, 672 ; pl. 2, fig. 40 ; pl. 3, fig. 41, 41A.



Fig. 80. — *Camptopteris spiralis* Nathorst. Reconstitution de la fronde, avec seulement la partie supérieure du pétiole (d'après M. Nathorst).

présentait sur sa face supérieure les bases de trois pétioles dont la structure n'a malheureusement pas pu être déterminée. En coupe transversale, il a montré,

autour d'une masse centrale de tissu fondamental, les restes d'un anneau ligneux rappelant celui qui existe dans les tiges des *Dipteris*.

D'après M. Seward, ce rhizome pourrait correspondre à l'une des nombreuses espèces d'*Hausmannia* qui abondent dans les roches où il a été recueilli, auquel cas il se rapporterait presque indubitablement à la famille des *Diptéridinées*. D'ailleurs, M. Seward remarque que les rhizomes d'*Hausmannia* décrits par Richter [1] lui ressemblent beaucoup, de même qu'ils ressemblent à ceux des *Dipteris*.

Rhizomopteris cruciata. — D'autres *Rhizomopteris*, trouvés en place aux environs de Hör, en Scanie, dans une mince couche d'argile datant de l'époque liasique [2], ont été désignés par M. Nathorst sous le nom de *Rhizomopteris cruciata*, et considérés par ce paléontologiste comme correspondant aux frondes que Brongniart a appelées *Clathropteris meniscioides* [3].

M. Nathorst les a observés à l'état de fragments carbonisés, dont la largeur variait de 1 cm. 5 à 2 cm. 5. D'après lui, ils rampaient sans doute horizontalement dans un sol plus ou moins marécageux, ce qui explique que leurs cicatrices foliaires existent exclusivement sur une de leurs faces, qui constituait leur face supérieure.

Ces cicatrices étaient très distantes les unes des autres :

1. Richter, *Beiträge zur Flora der unteren Kreide Quedlinburgs*, I, Leipzig, 1906.
2. Cf. Nathorst, *Les dépôts mésozoïques précrétacés de la Scanie*, Geologiska Föreningens I. Stockholm Förhandlingar, mars 1910, p. 519, et fig. 7.
3. Voir Nathorst, *Bemerkungen über* Clathropteris meniscioides *Brgnt und* Rhizomopteris cruciata *Nath.*, Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Handlingar, Bd. 41, n° 2, 1906, p. 8-11, et pl. 2, fig. 6-9, pl. 3, fig. 4-9.

une fois seulement, M. Nathorst en a observé deux sur le même spécimen, séparées par un intervalle d'environ 11 centimètres. Elles paraissent avoir existé presque uniquement dans les régions où les rhizomes se ramifiaient ; de part et d'autre de chacune d'elles, ces derniers montrent presque toujours en effet deux branches latérales d'inégale importance [1].

Elles sont en outre très irrégulières, et M. Nathorst en conclut que les pétioles dont elles représentent les traces n'ont pas dû être articulés sur les rhizomes qui les portaient, contrairement à ce qui semble avoir eu lieu chez le *Rhizomopteris Schenki.*

Rhizomopteris Schenki. — Les spécimens qui constituent cette dernière espèce ont été rencontrés à Palsjö, en Scanie, ainsi que dans les argiles des environs de Hör. D'après M. Nathorst, ils représenteraient les tiges du *Dictyophyllum Nilssoni* Brgnt., sp. [2].

En tout cas, chez les *Rhizomopteris cruciata* et *Schenki*, ainsi qu'à la surface du rhizome que M. Nathorst a cru pouvoir rapporter au *Thaumatopteris Schenki* [3], les cicatrices foliaires, quand elles sont suffisamment bien conservées, montrent à leur intérieur la trace d'un faisceau ligneux pourvu d'un étranglement sur chacune de ses faces latérales, et rappelant par sa forme générale un double « hippocampe ».

L'épaisseur de ce faisceau est à peu près uniforme

1. Cf. Nathorst, *Bemerkungen...* (*loc. cit.*), pl. 3, fig. 5, 7, 8, 9.

2. Voir, au sujet du *Rh. Schenki* : Nathorst, *Beiträge zur fossilen Flora Schwedens. Ueber einige rhätische Pflanzen von Palsjö in Schonen*, Stuttgart, 1878, — et Nathorst, *Bemerkungen...* (*loc cit.*), p. 8, et pl. 3, fig. 3.

3. Nathorst. *Ueber* Thaumatopteris Schenki *Nath*, Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Handlingar, Bd. 42, n° 3, 1906, p. 5, et pl. 1, fig. 12.

dans toute son étendue, comme chez les *Protopteris* et aussi, à certains niveaux, dans les feuilles des *Dicksoniées* actuelles.

J'ai observé dans deux fragments de pétioles de *Dipteris conjugata* (Fougère actuelle de la Malaisie), encore adhérents à une tige, une particularité très intéressante [1]. Chacun de ces fragments possédait dans sa région inférieure, durant un peu plus de 1 centimètre, un faisceau en forme d'arc ouvert du côté supérieur et dont les extrémités étaient fortement recourbées en crochets vers l'intérieur.

Ce faisceau, dont l'aspect rappelle beaucoup celui des faisceaux foliaires de la même espèce, lorsqu'ils quittent la tige, possède une masse ligneuse très mince, laquelle se trouve par endroits réduite à une assise unique de vaisseaux, et montre sur sa face interne un grand nombre de pôles légèrement proéminents : sur une des coupes transversales que j'ai étudiées, il existait près de soixante-dix de ces pôles.

Le faisceau qui vient d'être décrit ressemble beaucoup aux faisceaux pétiolaires des *Osmondacées*, mais il est plus mince que ces derniers et moins aplati perpendiculairement au plan de symétrie.

A une assez faible distance du point d'insertion des pétioles, j'ai vu se former sur sa face inférieure, ainsi que sur chacune de ses faces latérales, une gouttière, d'abord très étroite, mais qui s'élargit rapidement. Il est à remarquer que les deux gouttières latérales se forment l'une après l'autre. En tout cas, la forme du

1. *Remarques à propos de quelques Fougères mésozoïques* (Ann. Sc. nat., Bot., 9e série, t. XIV, p. 90 et suiv.).

faisceau initial se trouve ainsi modifiée et sa trace devient semblable à celle qui a été figurée par M. Seward et Miss Dale [1], ainsi qu'à celle des faisceaux pétiolaires observés à la surface des *Rhizomopteris* décrits par M. Nathorst, et chez lesquels elle existait par conséquent dès la base des pétioles.

La partie ligneuse du faisceau en question, lorsqu'elle est étranglée de chaque côté, diffère profondément des faisceaux ordinaires en doubles « hippocampes », par exemple de celui qu'on observe dans certaines régions des frondes, chez les *Dicksoniées*, car elle possède des pôles nombreux, répartis tout le long de sa surface interne, et non plus localisés dans ses quatre concavités.

Il est fort regrettable que, par suite du manque de spécimens à structure conservée, on ne puisse préciser le nombre et la position des pôles dans les faisceaux foliaires des *Diptéridinées* fossiles et des *Protopteris*. Mais, d'après ce qui vient d'être dit, il est infiniment probable que les faisceaux figurés par M. Nathorst chez quelques *Rhizomopteris* ne sauraient être comparés à ceux des *Protopteris*, malgré les ressemblances qu'ils paraissent avoir avec ces derniers, à première vue.

Tempskya Rossica.

Pour en finir avec l'alliance des *Filicales*, je crois devoir résumer un récent mémoire de MM. Kidston et Gwynne-Vaughan [2], consacré à l'étude d'un nouveau

1. Seward and Dale, *loc. cit.*, pl. 47, fig. 3.

2. *On a new species of Tempskya from Russia*, Verhandl. der russ. Kais. mineralog. Gesellsch., Band XLVIII, 1911, 18 p. et 3 pl

Tempskya de Russie, recueilli dans un conglomérat de l'époque tertiaire (?).

Le genre *Tempskya*, dont les affinités demeurent problématiques jusqu'à nouvel ordre, a été créé par Corda, qui l'a subdivisé en quatre espèces (*T. pulchra, macrocaula, microrrhiza, Schimperi*).

La nouvelle espèce, décrite par MM. Kidston et Gwynne-Vaughan, a été fondée sur un échantillon mieux conservé que ceux de Corda. Dans cet échantillon, on observe un grand nombre de tiges assez petites, ramifiées dichotomiquement et noyées dans un magma de racines. Ces tiges supportaient sur une face deux séries de feuilles, et, sur l'autre, les racines adventives qui les réunissent. La trace de leur masse ligneuse a la forme d'un anneau ; leur écorce, parenchymateuse à l'intérieur, se trouve sclérifiée à leur périphérie. Quant aux traces foliaires, chacune d'elles avait la forme d'un fer à cheval déprimé sur sa face inférieure en son milieu et aux extrémités recourbées vers l'intérieur. Enfin, les racines possédaient une bande diamétrale de bois diarche, comme celles de l'immense majorité des *Eufilicinées*.

L'ensemble de la plante adulte devait avoir l'aspect d'une colonne dressée, constituée par l'ensemble des tiges et des racines enveloppantes, et au sommet de laquelle les tiges s'élançaient isolément. Il est possible que le caractère dorsiventral de ces dernières signifie que, chez les ancêtres de l'espèce en question, les tiges ont d'abord rampé horizontalement, et qu'elles se sont ensuite redressées peu à peu, pour éviter d'être étouffées par la végétation environnante; dans cette rotation de 90°, elles auraient utilisé comme supports leurs racines adventives.

On a signalé, chez l'*Hemitelia crenulata* Mett., de Java, une disposition comparable à celle qui vient d'être décrite [1] ; mais chez cette dernière espèce, les tiges présentent une symétrie radiaire, au lieu d'être dorsi-ventrales.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES SUR L'ENSEMBLE DES FOUGÈRES [2]

En somme, à l'époque paléozoïque, il existait des Fougères tout à fait spéciales, les *Botryoptéridées*, dont un certain nombre tout au moins semblent provenir de la même souche ancestrale que les *Osmondacées*.

Sans parler de la structure anatomique de ces plantes, si l'on part du mode d'organisation des sporanges décrits chez le *Botryopteris antiqua* et chez les *Osmondacées*, on passe facilement à celui qui caractérise les *Zygopteris*, par l'intermédiaire du *Botryopteris forensis*.

L'immense majorité des autres Fougères paléozoïques appartiennent à l'alliance des *Marattiales* et sont construites suivant un plan analogue à celui de leurs congénères actuels.

Le type de fructifications connu sous le nom générique de *Corynepteris* semble constituer un terme de passage entre les deux familles précédentes. Il est intéressant de rappeler à ce propos que ces dernières ont apparu

1. Schoute, *Eine neue Art der Stammbildung im Pflanzenreich, Hemitelia crenulata Mett.*, Ann. Jardin Buitenzorg, série 2, vol. II, 1906.

2. Au sujet de la phylogénie des Fougères, voir notamment : Bower, *The origin of a Land Flora*, p. 652-657 ; — Arber, *On the past history of the Ferns* (Annals of Botany, vol. 20, n° 79, 1906, p. 215-231).

successivement à la surface du globe : les *Botryoptéridées* sont connues en effet dans le culm (*Botryopteris antiqua*) et même le dévonien (*Asterochlæna*), alors que les *Marattiacées* ont été rencontrées seulement à partir des « lower coal-measures ».

Durant l'ère primaire, la distinction entre les *Filicales Leptosporangiées* et les *Eusporangiées* était bien moins nette qu'aujourd'hui, et plusieurs types manifestaient dans leurs fructifications une combinaison de caractères propres à ces deux groupes. C'est ainsi que l'on passe facilement des *Marattiacées* typiques (*Asterotheca*, *Scolecopteris*), chez lesquelles la paroi des sporanges était sensiblement homogène dans toute son étendue, aux *Osmondacées*, par l'intermédiaire des *Discopteris* et des *Diplolabis* ; on passe de même des *Osmondacées* aux *Schizéacées* par l'intermédiaire des *Kidstonia* et des *Senftenbergia*. Les *Eu-* et les *Leptosporangiées* constituent ainsi dans le temps une série continue.

Dans sa classification des Fougères, établie principalement d'après le mode de développement des sporanges, M. Bower fait d'ailleurs abstraction de ces deux dénominations, qui jouent un rôle si important dans les autres classifications [1].

Il considère trois séries principales, qui semblent s'être succédées dans le temps : 1° les *Simplices* (*Marattiacées, Osmondacées, Schizéacées, Gleichéniacées, Matoniacées*), surtout caractéristiques de la période paléozoïque, chez lesquelles les sporanges se développent d'une manière synchronique dans chaque sore ; 2° les *Gradatæ* (*Loxsomacées, Hyménophyllacées*, *Cyathéacées*,

1. Bower, *The origin of a Land Flora*, 1 vol., Londres, 1908.

Dicksoniées, sauf quelques exceptions, *Dennstædtinées*), surtout abondantes durant l'ère mésozoïque, et dont les divers sporanges d'un même groupe se développent successivement, dans l'espace comme dans le temps ; 3° les *Mixtæ* (*Davalliées*, sauf quelques exceptions, *Lindsayées*, *Ptéridées* et autres *Polypodiacées*), comprenant la majorité des *Fougères* actuelles, et dont les sporanges, dans chaque sore, se succèdent régulièrement dans le temps, mais d'une manière quelconque dans l'espace.

C'est seulement au cours de l'ère secondaire que sont apparues la plupart des familles de *Fougères* actuelles.

On connaît les *Osmondacées* d'une manière à peu près certaine à partir du rhétien et du trias, par leurs fructifications, et même dès le permien supérieur, par leur structure anatomique.

Diverses *Sphénoptéridées* de l'époque houillère (*Sphenopteris quadridactylites* Gutbier, *Bronni* Gutbier, *herbacea* Boulay) semblent avoir produit des sporanges constitués comme ceux des *Hyménophyllacées* [1]. Autrement, on n'a que fort peu de renseignements précis sur l'histoire géologique de cette dernière famille.

Les *Cyathéacées* sont connues à partir du lias ; les *Gleichéniacées* existaient peut-être dès le trias, et l'on a signalé des *Schizéacées* et des *Polypodiacées* à partir du système jurassique.

Les *Matoniacées* et les *Diptéridinées*, réduites actuellement à deux genres (*Matonia*, *Dipteris*) et à six espèces,

1. Zeiller, *Fructifications de Fougères du terrain houiller* (Ann. Sc. nat., Bot., 6e série, t. XVI, p. 195-198).

et dont l'origine semble remonter au rhétien, avaient pris une grande importance aux temps secondaires [1].

Elles étaient alors très répandues dans l'hémisphère nord, principalement en Europe, mais on n'en a pas observé à l'état fossile dans les régions occupées jadis par le continent de Gondwana. A cette époque reculée, elles comprenaient certains types spéciaux extrêmement intéressants. Ainsi, par exemple, chez le *Camptopteris spiralis* Nathorst (*Diptéridinée*), provenant du rhétien de la Scanie [2], les pétioles se ramifiaient dichotomiquement en deux branches proches l'une de l'autre et presque parallèles. Chacune de ces branches se tordait sur elle-même un certain nombre de fois, et les cent cinquante ou cent soixante pennes qu'elle portait se trouvaient ainsi disposées le long d'une hélice à quatre ou cinq tours (Cf. fig. 80).

Mais, vers la fin des temps secondaires, l'importance des *Diptéridinées* et des *Matoniacées* diminua considérablement, au profit d'autres groupes, tels que celui des *Polypodiacées,* qui est tout à fait prépondérant aujourd'hui ; ces deux familles furent de plus en plus reléguées vers le sud, à mesure que les conditions climatériques devinrent inclémentes pour elles.

*
* *

1. Voir à ce sujet : Seward, *On the structure and affinities of* Matonia pectinata *R. Br., with notes on the geological history of the* Matonineæ (Phil. Trans. roy. Soc. London, vol. CIXC, 1899) ; Seward and Dale, *On the structure and affinities of* Dipteris, *with notes on the geological history of the* Dipteridineæ (Phil. Trans. roy Soc. London, vol. CVIC, 1901).

2. Nathorst, *Beiträge zur fossilen Flora Schwedens. Ueber einige rhätische Pflanzen vön Palsjö in Schonen,* Stuttgart, 1878.

Outre les différents groupes qui nous ont occupé jusqu'ici, il reste, pour terminer l'histoire paléontologique du règne végétal, à étudier les *Spermophytes*, ou plantes à graines. Cette étude, ainsi que celle des gisements de plantes fossiles et des combustibles d'origine végétale, fera l'objet d'un prochain ouvrage, dans lequel nous formulerons également diverses conclusions d'ordre général au point de vue botanique et au point de vue géologique.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Amalitzky. Sur la découverte, dans les dépôts permiens supérieurs du nord de la Russie, d'une flore glossoptérienne. *C. R. de l'Ac. des sc.*, t. CXXXII, 1901, p. 591-593.

Arber (E.-A. Newell). 1. On the past history of the Ferns. *Ann. of Bot.*, vol. XX, n° 79, 1906, p. 215-231.

— 2. *The natural history of coal.* 1 vol., Cambridge, 1911.

Arber et Thomas. 1. On the structure of *Sigillaria scutellata* Brgnt. and other Eusigillarian stems, in comparison with those of other palæozoic Lycopods. *Phil. Trans. roy. Soc. London*, série B, vol. CC, 1907, p. 139-159.

— 2. Structure of cortex of Sigillaria mamillaris. *Ann. of Bot.*, vol. XXIII, n° 91, 1909, p. 514.

Auerbach et Trautschold. Ueber die Kohlen von Central Russland. *Nouv. mém. Soc. imp. naturalistes Moscou*, 1860.

Barber. 1. The structure of Pachytheca. *Ann. of Bot.*, vol. III, 1889, p. 141, et vol. V, 1890, p. 145.

— 2. Nematophycus Storriei, nov. sp. *Ann. of Bot.*, t. VI, 1892, p. 329.

Benson (Miss). Miadesmia membranacea Bertrand, a new palæozoic Lycopod with a seed-like structure. *Phil. Trans. roy. Soc. London*, t. CIC, 1908.

C. Eg. Bertrand. 1. Remarques sur le Lepidodendron Harcourtii. *Trav. et mém. univ. Lille*, vol. II, mém. 6, 1891.

C. Eg. Bertrand 2. Le Boghead d'Autun. *Bull. de la Soc. d'industrie minérale*, 3e série, t. VI, 1892.

— 3. Sur une nouvelle Centradesmide de l'époque houillère. *Ass. fr. av. sc.*, Caen, 1894.

— 4. On the structure of the stem of a ribbed Sigillaria. *Ann. of Bot.*, 1899.

C. Eg. Bertrand et B. Renault. 1. Pila bibractensis et le boghead d'Autun. *Bull. de la Soc. d'hist. nat. d'Autun*, 1892.

— 2. Reinschia australis et premières remarques sur le Kerosène shale de la Nouvelle-Galles du Sud. *Ibid.*, 1894.

— 3. Note sur la formation schisteuse et le boghead d'Autun. *Bull. de la Soc. d'industrie minérale*, 3e série, t. VII, 1894.

C. Eg. et P. Bertrand. Le Tubicaulis Berthieri. *Bull. de la Soc. d'hist. nat. d'Autun*, 1911, p. 43-89, avec 3 pl.

Bertrand (P.) 1. *Etude sur la fronde des Zygoptéridées*. Lille, 1909.

— 2. Description de végétaux houillers recueillis pendant le fonçage de la fosse 6 *bis* des mines de Bruay. *Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. XXXIX, 1910, p. 345-361.

— 3. Sur quelques empreintes végétales rares ou nouvelles du terrain houiller de Liévin. *Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. XL, 1911.

Binney. 1. On the remarkable fossil trees lately discovered near St-Helen's. *Edinburgh and Dublin Phil. mag.*, série 3, vol. XXIV, 1844.

— 2. Description of the Dukinfield Sigillaria. *Quart. journ. geol. Soc.*, vol. II, 1846.

Boodle. On the occurrence of secondary xylem in Psilotum. *Ann. of Bot.*, vol. XVIII, n° 71, 1904.

Bosniaski. *Flora fossile del Verrucano nel Monte-Pisano*, Pise, 1890.

Boule. Sur l'existence d'une faune et d'une flore permiennes à Madagascar. *C. R. de l'Ac. des sc.*, 2 mars 1908, p. 502-504.

Bower. *The origin of a Land Flora*, 1 vol., Londres, 1908.

BRONGNIART. 1. *Histoire des végétaux fossiles*, 2 vol., Paris, 1828-1838.

— 2. Observations sur la structure intérieure du Sigillaria elegans. *Arch. mus. hist. nat.*, vol. I, 1839.

BROWN. On the structure and affinities of the genus Solenopora. *Geol. Mag.*, vol. I 1894.

BROWNE (Lady Isabel). The phylogeny and inter-relationships of the Pteridophyta. *The New Phytologist*, nº 3, 1909

BRUCHMANN. *Untersuchungen über Selaginella spinulosa A. Br.*, Gotha, 1897.

CARPENTIER (A.). Note sur un végétal à structure conservée du bassin houiller de Valenciennes. *Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. XLI, 1912, p. 69-83, et pl. 3.

CARRUTHERS. 1. On the structure of the fruit of Calamites. *Journa of Botany*, vol. V, 1867.

— 2. On the history, histological structure and affinities of Nematophycus Logani Carr. (Prototaxites Logani Dawson), an Alga of devonian age. *Monthly microsc. Journal*. 8, 1872.

— 3. Address before the geologists' association. *Proc. geol. assoc.*, vol. V, 1876.

CAYEUX. 1. Sur la présence de nombreuses Diatomées dans les gaizes jurassiques et crétacées du bassin de Paris. *C. R. de l'Ac. des sc.*, vol. CXIV, 1892, et *Ann. de la Soc. géol. du Nord de la France*, t. XX, 1892.

— 2. Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires. *Mém. de la Soc. géol. du Nord*, vol. IV, 1897.

CHAUVEAUD (G.). 1. Sur le passage de la structure alterne à la structure concentrique à liber externe. *Bull. de la Soc. bot. de France*, t. LV, 1908.

— 2. L'appareil conducteur des plantes vasculaires et les phases principales de son évolution. *Ann. des sc. nat.*, *Bot.*, 9e série, t. XIII, 1911.

CONWENTZ. *Monographie der baltischen Bernsteinbäume*, Dantzig, 1890.

CORDA. *Beiträge zur Flora der Vorwelt*, Prague, 1845.

Cormack. On a cambial development in Equisetum. *Ann. of Bot.*, VII, 1893.

Coward. On the structure of Syringodendron, the bark of Sigillaria. *Mem. and proc. Manchester lit. and phil. Soc.*, vol. LI, part. II, 1907.

Dawson. 1. *The geological history of plants*, Londres, 1888.

— 2. On burrows and tracks of invertebrate animals in palæozoic rocks. *Quart. journ. geol. Soc.*, vol. XLVI, 1890.

Delgado. Etude sur les Bilobites. *Secc. trav. geol. Portugal*, Lisbonne, 1886.

Ehrenberg. Ueber das Massenverhältniss der jetzt lebenden Kieselfusorien und über ein neues Infusorien-Conglomerat als Polirschiefer von Jastrabs in Ungarn. *Abh. K. Akad. Wiss. Berlin*, 1836.

Engler et Prantl. *Die natürlichen Pflanzenfamilien*... I. Theil, Abteilung 4, 1902.

Feistmantel. Die Versteinerungen der böhmischen Kohlen-ablagerungen. *Palæontographica*, vol. XXIII, 1875-1876.

Felix. Untersuchungen über den inneren Bau westfälischer Carbon-Pflanzen. *Königl. preussischen geol. Landesanstalt*, Bd. VII, Heft 3, 1886.

Fischer. Einige Bemerkungen über die Calamarien-Gattung Cingularia. *Mitth. naturforsch. Gesellsch. in Bern*, 1893.

Fitting, Sporen im Buntsandstein. Die Makrosporen von Pleuromeia. *Ber. deutsch. bot. Ges.*, vol. XXV, 1907.

Fliche. *Flore fossile du trias en Lorraine et en Franche-Comté*, 1 vol., 1910.

Fuchs. Studien über Fucoiden und Hieroglyphen. *Denksch. Akad. Wien*, vol. LXII, 1895.

Gardner. On mesozoic Angiosperms. *Geol. Mag.*, III, 1886.

Gœppert. Ueber die Bernsteinflora. *Monatsbericht Kön. preuss. Akad. Wiss. Berlin*, 1853.

Goldenberg. *Flora Saræpontana Fossilis*, 1855-1857.

Gordon. 1. On the structure and affinities of Metaclepsydropsis duplex. *Trans. roy. Soc. Edinburgh*, vol. XLVIII, part. I, 1911.

— 2. On the structure and affinities of Diplolabis Römeri Solms. *Trans. roy. Soc. Edinburgh*, vol. XLVII, part. IV, n° 24, 1911.

GOTTSCHE. Ueber die im Bernstein eingeschlossenen Lebermoose. *Bot. Centralblatt*, vol. XXV, 1886.

GRAND'EURY. 1. Flore carbonifère du département de la Loire et du Centre de la France. *Mém. sav. étrangers Ac. sc.*, XXIV, 1877.

— 2. *Géologie et Paléontologie du bassin houiller du Gard.* Paris, 1890.

— 3. Sur les graines des Névroptéridées. *C. R. de l'Ac. des sc.*, t. CXXXIX, 1904, p. 23-27 et p. 782-786.

— 4. Sur les graines trouvées attachées au Pecopteris Pluckeneti Schlot. *C. R. de l'Ac. des sc.*, t. CXL, 1905, p. 920-923.

HALLE. Einige krautartige Lycopodiaceen palaözoischen und mesozoischen Alters. *Arkiv. för Botanik utgifvet af K. Svenska Vetenskapsakad. I Stockholm*, Bd. 7, n° 5, 1907.

HARVEY GIBSON. 1. Anatomy of the genus Selaginella : II, The Ligule. *Ann. of Bot.*, t. X, 1896.

— 2. Contributions to a knowledge of the anatomy of the genus Selaginella : part IV, The root. *Ann. of Bot.*, vol. XVI, 1902.

HAUGHTON. On Cyclostigma, a new genus of fossil plants from the old red sandstone of Kiltorkan, W. Kilkenny. *Journ. roy. Dublin Soc.*, vol. II, 1859.

HAWKSHAW. Description of the fossil trees found in the excavations for the Manchester and Bolton railway. *Trans. geol. Soc.*, 2e série, vol. VI, 1842.

HAYDEN. 1. The stratigraphical position of the Gangamopteris beds of Kashmir. *Rec. geol. surv. India*, vol. XXXVI, pt. I, 1907.

— 2. Permo-carboniferous plants from Kashmir. *Ibid.*

HICK. 1. On a new fossil plant from the lower coal-measures. *Journ. Linn. Soc.*, vol. XXIX, 1892.

— 2. On the structure of the leaves of Calamites. *Mem. and proc. Manchester lit. and phil. Soc.*, série 4, vol. IX, 1895.

HICKLING. 1. The anatomy of Palæostachya vera. *Ann. of Bot.*, vol. XXI, 1907.

— 2. The anatomy of Calamostachys Binneyana. *Mem. and*

proc. Manchester lit. and. phil. Soc., vol. LIV, pt. III, 1909-1910.

Hill. On the presence of a parichnos in recent plants. *Ann. of Bot.*, t. XX, 1906.

J.-D. Hooker. Remarks on the structure and affinities of some Lepidostrobi. *Mem. geol. Soc. Great Britain*, vol. II, part. II, 1848.

Hovelacke. Recherches sur le Lepidodendron selaginoides Sternb. *Mém. Soc. linn. Normandie*. vol. XVII, 1892.

Howse. *A catalogue of fossil plants from the Hutton collection.* Newcastle, 1888.

Hughes. On some tracks of terrestrial and freshwater animals. *Quart. journ. geol. Soc.*, vol. XL, 1884.

James. Notes on fossil fungi. *U. S. dpt. Agriculture*, vol. VII, no 3, 1893 ; trad. par Ferry : *Revue mycologique*, 1893.

Jongmans. Sphenophyllum charæforme, nov. spec. *Annalen des K. K. naturhist. Hofmuseums*, Wien, 1912.

Kidston. **1**. On the relationship of Ulodendron Lindley and Hutton to Lepidodendron Sternberg, Bothrodendron Lindley and Hutton, Sigillaria Brongniart and Rhytidodendron Boulay. *Ann. and Mag. nat. hist.*, vol. XVI.

— **2**. Notes on some fossil plants from the Lancashire Coal-Measures. *Trans. Manchester geol. Soc.*, part. XIII, vol. XXI.

— **3**. On the organisation of the fossil plants of the coal-measures, part. II, *Phil. trans. roy. Soc. London*, vol. CLXII, 1872.

— **4**. On the affinities of the genus Pothocites Paterson, with the description of a specimen from Glencartholm, Eskdale. *Ann. and mag. nat. hist.*, série 5, XI, 1883.

— **5**. On the fructification and affinities of Archæopteris hibernica Forbes, sp. *Ann. and mag. nat. hist.*, série 6, II, 1888.

— **6**. Note on the palæozoic species mentioned in Lindley and Hutton's fossil Flora. *Proc. roy. Soc. phys. Edinburgh*, X, 1890.

— **7**. On the fructification of Sphenophyllum trichomatosum Stur, from the Yorkshire coal-field. *Proc. roy. phys. Soc. Edinburgh*, vol. XI, 1890-1891.

Kidston. **8.** On the occurrence of the genus Equisetum : E. Hemingwayi Kidston, in the Yorkshire coal-measures. *Ann. and Mag. nat. hist.*, 1892, I.

— **9.** On Lepidophloios and on the british species of the genus. *Trans. roy. Soc. Edinburgh*, vol. XXXVII, part. III, 1894.

— **10** On the fossil Flora of the Yorkshire coal-field (second paper), *Trans. roy. Soc. Edinburgh*, vol. XXXIX, part. I, 1898.

— **11.** Carboniferous Lycopods and Sphenophylls. *Trans. nat. hist. Soc. Glasgow*, vol. VI, part. I, 1899.

— **12.** The fossil plants of the carboniferous rocks of Canonbie, Dumfriesshire, and of parts of Cumberland and Northumberland. *Trans. roy. Soc. Edinburgh*, 40, nº 31, 1903.

— **13.** On the fructification of Nevropteris heterophylla Brongnt. *Phil. trans. roy. Soc. London*, vol. CIIIC, 1904.

— **14.** On the internal structure of Sigillaria elegans of Brongniart's Histoire des végétaux fossiles. *Trans. roy. Soc. Edinburgh*, vol. XLI, part. III, 1905

— **15.** On the microsporangia of the Pteridospermeæ... *Phil. trans. roy. Soc. London*, t. CIIC, 1906.

— **16.** Preliminary note on the internal structure of Sigillaria mamillaris and scutellata Brgnt. *Proc. roy. Soc. Edinburgh*, vol. XXVII, part. III, nº 21, 1907.

— **17.** Note on a new species of Lepidodendron from Pettycur (L. Pettycurense). *Proc. roy. Soc. Edinburgh*, vol. XXVII, part. III (nº 22), 1907.

— **18.** On a new species of Dineuron and of Botryopteris from Pettycur, Fife, *Trans. roy. Soc. Edinburgh*, vol. XLVI, part. II, 1908.

— **19.** Les végétaux houillers recueillis dans le Hainaut belge et se trouvant dans les collections du Musée royal d'histoire naturelle à Bruxelles. *Mém. mus. roy. hist. nat. Belgique*, t. IV, 1911.

Kidston et Bennie. On the occurrence of spores in the carboniferous formation of Scotland. *Proc. roy. phys. Soc. Edinburgh*, vol. IX, 1885-1888.

KIDSTON et GWYNNE-VAUGHAN. **1.** On the fossil Osmundaceæ : 4 parties. *Trans. roy. Soc. Edinburgh*, vol. XLV, part. III, 1907 ; — vol. XLVI, part. II, 1908, et part. III, 1909 ; — vol. XLVII, part. III, 1910.

— **2.** On a new species of Tempskya from Russia. *Verhandl. der russ. Kais. mineralog. Gesellsch.*, Band XLVIII, 1911.

KUBART. Untersuchungen über die Flora des Ostrau-Karwiner Kohlenbeckens : I. Die Spore von Spencerites membranaceus, n. sp. *Densch. K. Akad. Wiss. Wien.*, Bd. LXXXV, 1909.

A. DE LAPPARENT. *Revue des questions scientifiques*, juillet 1892.

LECKENBY. On the sandstones and shales of the oolites of Scarborough, with descriptions of some new species of fossil plants. *Quart. journ. geol. Soc.*, vol. XX, 1864.

LESQUEREUX. *Geol. of Penn'a*, II.

LESTER WARD. Palæozoic seed-plants. *Science*, 26 août 1904.

LIGNIER. **1.** Equisétales et Sphénophyllales, leur origine filicinéenne commune. *Bull. de la Soc. linn. de Normandie*, série V, vol. VII, 1903.

— **2.** Sur l'origine des Sphénophyllées. *Bull. de la Soc. bot. de France*, 4e série, t. VIII, 1908.

— **3.** Le Stauropteris oldhamia Binney et les Cœnoptéridées à la lumière de la théorie du mériphyte. *Mém. de la Soc. bot. de France* (*mém. n° 24*), 1912.

LINDLEY et HUTTON. *The fossil flora of Great Britain*, 3 vol., Londres, 1831-1837.

LYELL. On a recent formation of fresh water limestone in Forfarshire. *Trans. geol. Soc.*, vol. II, 1829.

LYON (Miss). A study of the sporangia and gametophytes of Selaginella apus and rupestris. *Bot. Gazette*, t. XXXII, 1901.

MASLEN. **1.** The ligule in Lepidostrobus. *Ann. of Bot.*, t. XII, 1898.

— **2.** The structure of Lepidostrobus. *Trans. linn. Soc. London*, t. V, 1899.

MATTHEW. On some new species of silurian and devonian plants. *Trans. roy. Soc. Canada*, 3e série, t. I.

MUNIER-CHALMAS. 1. Observations sur les algues calcaires appartenant au groupe des Siphonées verticillées et confondues avec les Foraminifères. *C. R. de l'Ac. des sc.*, 1877.

— 2. Observations sur les algues calcaires confondues avec les Foraminifères et appartenant au groupe des Siphonées dichotomes. *Bull. de la Soc. géol. de France*, 3e série, t. VII, 1879.

NATHORST. 1. *Beiträge zur fossilen Flora Schwedens. Ueber einige rhätische Pflanzen von Palsjö in Schonen.* Stuttgart, 1878.

— 2. Om spar af nagra evertebrerade djur. m. m. och deras paleontologiska betydelse. *K. Svenska Vet. Akad. Handlingar*, vol. XVIII, no 7, 1881 (*trad. Schulthess* : Mémoire sur quelques traces d'animaux sans vertèbres... et de leur portée paléontologique).

— 3. Nouvelles observations sur des traces d'animaux et autres phénomènes d'origine purement mécanique décrits comme « algues fossiles ». *Ibid.*, vol. XXI, n° 14, 1886.

— 4. Ueber die oberdevonische Flora (die « Ursaflora ») der Bären Insel. *Bull. of the geol. instit. of Upsala*, n° 8, vol. IV, part. II, 1899.

— 5. Zur oberdevonischen Flora der Bären Insel. *K. Svenska Vetensk. Akad. Handlingar*, Bd. XXXVI, n° 3, 1902.

— 6. Bemerkungen über Clathropteris meniscioides Brgnt und Rhizomopteris cruciata Nath. *Ibid.* Bd. XLI, no 2, 1906.

— 7. Paläobotanische Mitteilungen, 3. *Ibid.*, Bd. XLIII, no 3, 1908.

— 8. Les dépôts mésozoïques précrétacés de la Scanie. *Geologiska Föreningens I. Stockholm Förhandlingar*, mars 1910.

NEWBERRY. 1. Devonian plants from Ohio. *Journal Cincinnati Soc. nat. hist.*, t. XII, 1889.

— 2. The later extinct floras of north America. *U. S. geol. survey, monographs*, t. XXXV, 1898.

OLDHAM. On a plant of Glossopteris with part of the rhizome attached, and on the structure of Vertebraria. *Geol. surv. India*, vol. XXX, pt I, 1897.

OLIVER et SCOTT. On the structure of the palæozoic seed Lagenostoma Lomaxi. *Phil. trans. roy. Soc. London*, t. CIIIC, 1904.

PELOURDE (Fernand). **1.** Recherches sur la position systématique des plantes fossiles dont les tiges ont été appelées Psaronius, Psaroniocaulon. Caulopteris. *Bull. de la Soc. bot. de France*, 1908, p. 88-96, p. 112-119, et pl. III. IV.

— **2.** Recherches comparatives sur la structure des Fougères fossiles et vivantes. *Ann. sc. nat., Bot.*, 9e série, t. X, 1909.

— **3.** Observations sur quelques végétaux fossiles de l'Autunois. *Ibid.*, t. XI, 1910.

— **4.** Remarques à propos de quelques fougères mésozoïques. *Ibid.*, t. XIV, 1911.

— **5.** Observations sur le Psaronius brasiliensis. *Ibid.*, t. XVI, 1912.

PENHALLOW. Notes on devonian plants. *Proc. and trans. roy. Soc. Canada*, 7, sect. IV, 1890.

POTONIÉ. **1.** Aeusserer Bau der Blätter von Annularia stellata. *Verhandl. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg*, Bd. XXXIV.

— **2.** Abbildungen und Beschreibungen fossilen Pflanzen-Reste der palaeozoischen und mesozoischen Formationen, Lief II, *K. preuss. geol. Landes-und Bergakad.*, 1904.

RACIBORSKI. Ein fossiles Lebermoos aus der Keuper-formation. *Schles. Ges. für vaterl. Cultur*, 23 novembre 1892.

RENAULT. **1.** Recherches sur les végétaux silicifiés d'Autun et de Saint-Etienne. *Mém. de la Soc. éduenne*, 1878.

— **2.** Structure comparée de quelques tiges de la flore carbonifère. *Nouv. Arch. Mus. Paris*, 2e série, t. II, 1879.

— **3.** Nouvelles recherches sur la structure des Sphenophyllum. *Ann. des sc. nat., Bot.*, 6e série, t. IV.

— **4.** *Cours de botanique fossile.* 4 vol., 1881-1885.

RENAULT. 5. Flore fossile du terrain houiller de Commentry, 2e partie. *Bull. Soc. industrie minérale*, 3e série, t. IV, 2e livraison, 1890.

— 6. Note sur les cuticules de Tovarkovo. *Bull. de la Soc. hist. nat. d'Autun*, 1895.

— 7. *Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac*, 2e partie, Paris, 1896.

— 8. Notice sur les Calamariées. *Bull. de la Soc. hist. nat. d'Autun*, VIII, 1895 ; IX, 1896 ; XI, 1898.

— 9. Sur quelques microorganismes des combustibles fossiles. *Bull. de la Soc. d'industrie minérale*, 3e série, t. XIII, 4e livraison, 1899 ; t. XIV, 1re livraison, 1900.

RENAULT et GRAND'EURY. Etude du Sigillaria spinulosa. *Mém. sav. étr. Ac. sc.*, t. XXII, 1875.

RENIER. 1. L'origine raméale des cicatrices ulodendroïdes. *Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. II, 1910.

— 2. Observations sur des empreintes de Calamostachys Ludwigi. *Ibid* , 1912.

RENIER et CAMBIER. 1. Observations sur les Pinakodendron Weiss. *Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. XXXVII, 1910.

— 2. Observations sur Cyclostigma (Pinakodendron) Macconochiei Kidston, sp., et Omphalophloios anglicus Sternberg, sp. *Ibid.*, Mém. in-4°, 1911-1912.

RICHTER. *Beiträge zur Flora der unteren Kreide Quedlinburgs*, I et II, Leipzig, 1906 et 1909.

ROTHPLETZ. Ueber die Flysch-Fucoiden und einige andere fossile Algen, sowie über liassische Diatomeen führende Hornschwämme. *Zeitsch. deutsch. Geol. Ges.*, vol. XLVIII, 1896.

RUDOLPH. Psaronien und Marattiaceen... *Denksch. der Kais. Akad. der Wissensch,*, Bd LXXVIII, Vienne, 1906.

DE SAPORTA. 1. Prodrome d'une flore fossile des travertins anciens de Sézanne. *Mém. de la Soc. géol. de France*, vol. VIII, 1868.

— 2. *A propos des Algues fossiles*. Paris, 1882.

— 3. *Les organismes problématiques des anciennes Mers.* Paris, 1884.

de Saporta. **4.** Nouveaux documents relatifs à des fossiles végétaux et à des trace sd'Invertébrés associés dans les anciens terrains. *Bull. de la Soc. bot. de France*, vol. XIV, 1886.

Schoute. Eine neue Art der Stammbildung im Pflanzenreich, Hemitelia crenulata Mett. *Ann. jardin Buitenzorg*, série II, vol. II, 1906.

D. H. Scott. **1.** On Cheirostrobus, a new type of fossil cone from the lower carboniferous strata... *Phil. trans. roy. Soc. London*, t. CLXXXIX, 1897.

— **2.** On Spencerites, a new genus of lycopodiaceous cones from the coal-measures founded on the Lepidodendron Spenceri of Williamson. *Ibid.*

— **3.** The seed-like fructification of Lepidocarpon, a genus of lycopodiaceous cones from the carboniferous formation. *Ibid.*, t. CVIC, 1900.

— **4.** On the occurrence of Sigillariopsis in the lower coal-measures of Britain. *Ann. of Bot.*, vol. XVIII, 1904.

— **5.** The occurrence of germinating spores in Stauropteris oldhamia. *The New Phytologist*, vol. III, 1904.

— **6.** Germinating spores in a fossil Fern-sporangium. *Ibid.*

— **7.** The sporangia of Stauropteris oldhamia. *Ibid.*, vol. IV, 1905.

— **8.** On a new type of sphenophyllaceous cone (Sphenophyllum fertile) from the lower coal-measures. *Phil. trans. roy. Soc. London*, vol. CXCVIII, 1905.

— **9.** Structure of Lepidodendron obovatum. *Ann. of Bot.*, vol. XX, 1906.

— **10.** The present position of palæozoic botany, *in Lotsy's Progressus Rei Botanicæ*, 1907.

— **11.** *Studies in fossil Botany*, 2e éd., Londres, 1909.

— **12.** Sporangia attributed to Botryopteris antiqua Kidston. *Ann. of Bot.*, t. XXIV, 1910.

— **13.** On Botrychioxylon paradoxum, sp. nov., a palæozoic fern with secondary wood. *Trans. Linn. Soc. London*, vol. VII, part. XVII, 1912.

D.-H. SCOTT. **14**. A palæozoic fern, the Zygopteris Grayi of Williamson. *Ann. of Bot.*, vol. XXVI, 1912.

SCOTT (Rina). On the megaspore of Lepidostrobus foliaceus. *The New Phytologist*, vol. V, 1906.

SEWARD (A.-C.). **1**. *Catalogue of the mesozoic plants in the department of Geology, British Museum. The wealden Flora*. Pt. I, 1894.

— **2**. Notes on the Binney collection of coal-measure plants : I, Lepidophloios. *Proc. Cambridge phil. Soc.*, vol. X, 1899.

— **3**. On the structure and affinities of Matonia pectinata, with notes on the geological history of the Matoninæ. *Phil. trans. roy. Soc. London*, vol. CXCI, 1899.

— **4**. Sphenophyllum as a branch of Asterophyllites. *Mem. and proc. Manchester lit. and phil. Soc.*, série IV.

— **5**. Anatomy of Lepidodendron aculeatum. *Ann. of Botany*, vol. XX, 1906.

— **6**. *Fossil plants*, vol. I et II. Cambridge.

— **7**. The jurassic Flora of Sutherland. *Trans. roy. Soc. Edinburgh*, vol. XLVII, part. IV (n° 23), 1911.

SEWARD et HILL. On the structure and affinities of a lepidodendroid stem from the calciferous Sandstone of Dalmeny, Scotland. *Trans. roy. Soc. Edinburgh*, vol. XXXIX, part. IV, 1900.

SEWARD et DALE. On the structure and affinities of Dipteris, with notes on the geological history of the Dipteridinæ. *Phil. Trans. roy. Soc. London*, t. CVIC, 1901.

SEWARD et FORD. The anatomy of Todea, with notes on the geological history and affinities of the Osmundaceæ. *Trans. Linn. Soc. London*, second series, vol. VI, 1901-1905.

SHARPE. On a remarkable incrustation in Northamptonshire. *Geol. Mag.*, vol. V, 1868.

SKERTCHLY. The geology of the Fenland. *Mem. geol. surv.*, 1877.

SOLMS-LAUBACH (H. GRAF ZU). **1**. Ueber die in den Kalksteinen des Kulm von Glätzisch-Falkenberg in Schlesien erhaltenen structurbietenden Pflanzen. *Bot. Zeit.*, 1892.

SOLMS-LAUBACH (H. GRAF ZU.) **2**. Ueber Stigmariopsis Grand'Eury. *Dames und Kayser. Palæont. Abhandl.*, nouvelle série, vol. II, part. V, 1894.

— **3**. Bowmanites Römeri, eine neue Sphenophylleen Fructification. *Jahrb. d. K. K. geol. Reichsanstalt*, Vienne, 1895.

— **4**. Ueber devonische-Pflanzenreste aus den Lenneschiefern der Gegend von Gräfrath an Niederrhein. *Jahrb. K. preuss. geol. Landesanst.* 1895.

— **5**. Ueber die seinerzeit von Unger beschriebenen structurbietenden Pflanzenreste des Unterculm von Saalfeld in Thüringen. *Abh. K. preuss. geol. Landesanst*, Heft 23, 1896.

— **6**. Ueber das Genus Pleuromeia. *Bot. Zeit.*, 1899.

— **7**. *Fossil botany*. Oxford.

— **8**. Der tiefschwarze Psaronius Haidingeri von Manebach in Thüringen. *Zeitsch. für Botanik*, III, Heft II, 1911.

STENZEL. **1**. Ueber die Staarsteine. *Nova Acta Acad.-Leop. Car. nat. curios.*, XXIV, 1854.

— **2**. Die Gattung Tubicaulis Cotta. *Mitth. aus d. K. min., geol. u. præhist. Mus. in Dresden*, Heft VIII, 1889.

— **3**. Verkieselte Farne von Kamenz in Sachsen. *Mitt. aus dem könig., miner., geolog. und prähistor. Museum in Dresden*, XIII Heft, 1897.

STOLLEY. **1**. Ueber silurische Siphoneen. *Neues Jahrb. für Min.*, 1893.

— **2**. Ueber gesteinsbildende Algen und die Mitwirkung solcher bei der Bildung der skandinavisch-baltischen Silurablagerungen. *Naturwiss. Wochenschr.*, XI, 1896.

Stolley 3. Untersuchungen über Cœlosphæridium, Cyclocrinus, Mastopora und verwandte Genera des Silur. *Arch. f. Anthropol. und Geol. Schleswig-Holsteins*, I, 1896.

Stopes (Miss). A new fern from the coal-measures : Tubicaulis Sutcliffii, nov. sp. *Mem. and proc. Manchester lit. and phil. Soc.*, vol. L, 1906.

Stur. 1. Die Carbon-Flora der Schatzlarer Schichten : Abt. II, Die Calamarien. *Abhandl. K. K. geol. Reichsanst.*, Wien, vol. XI, 1887.

— 2. Die Culm-Flora. *Abhandl. K. K. geol. Reichsanstalt*, VIII, 1875-1877.

Thoday. On a suggestion of heterospory in Sph. Dawsoni. *The New Phytologist*, vol. V.

Thomas. The affinity of Tmesipteris with the Sphenophyllales. *Proc. roy. Soc.*, vol. LXIX, 1902.

Van Tieghem. Sur le ferment butyrique (Bacillus amylobacter) à l'époque de la houille. *C. R. de l'Ac. des sc.*, 1879.

Velenovsky. Die Farne der böhmischen Kreideformation. *Abhandl. der K. böhm. Gesellsch. der Wiss.*, VII Folge, 2 Band, 1888.

Watson. 1. On a fern synangium from the lower coal-measures of Shore, Lancashire. *Journ. roy. microscop. Soc.*, 1906, part. I.

— 2. The cone of Bothrodendron mundum. *Mem. and proc. Manchester lit. and phil. Soc.*, vol. LII, 1908.

— 3. On the ulodendroid scar. *Ibid.*

Weiss. 1. Beiträge zur fossilen Flora : Steinkohlen-Calamarien, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Fructificationen. *Abhandl. geol. Specialkarte von Preussen u. d. Thüring. Staaten*, II, Heft I, 1874, et V, Heft II, 1884.

— 2. The vascular branches of stigmarian rootlets. *Ann. of Bot.*, t. XVI, 1902.

— 3. On Xenophyton radiculosum and on a stigmarian rootlet. *Mem. and proc. Manchester lit. and phil. Soc.*, t. XLVI, 1902.

— 4. The vascular supply of stigmarian rootlets. *Ann. of Bot.*, t XVIII, 1904.

— 5. A biseriate halonial branch of Lepidophloios fuliginosus. *Trans. linn. Soc. London*, second series, vol. VI.

— 6. The parichnos in Lepidodendraceæ. *Mem. and proc.*

Manchester lit. and phil. Soc., vol. LI, part. II, 1907.
WEISS. **7.** A Stigmaria with centripetal wood. *Ann. of bot.*, t. XXII, 1908.
— **8.** Die Sigillarien der preussischen Steinkohlen und Rothliegenden-Gebiete. II. Die Gruppe der Sub-Sigillarien. *Abhandl. K. preuss. geol. Landesanstalt*, neue Folge, Heft II, 1893.
WHITE (David). **1.** Omphalophloios, a new lepidodendroid type. *Bull. geol. Soc. America*, vol. IX, 1898.
— **2.** Fossil Flora of the lower coal-measures of Missouri. *U. S. geol. surv.*, Mon., XXXVII, 1899.
— **3.** The seeds of Aneimites. *Smith. Miscell. Collect.*, t. XLVII, 1904.
— **4.** Permo-carboniferous changes in South America. *Journ. Geol.*, vol. XV, 1907.
WILD (George). On section of shaft sunk through the middle coal-measures at Bardsley Colliery, and interesting discovery of Calamites. *Manchester geol. Soc.*, Feb. 2, 1886.
WILLIAMSON. **1.** On the organisation of an undescribed verticillate strobilus... *Mem. and proc. Manchester lit. and phil. Soc.*, 1871.
— **2.** On some undescribed tracks of invertebrate animals from the Yoredale rocks. *Proc. lit. and phil. Soc. Manchester*, vol. X, 1885.
— **3.** A monograph on the morphology and histology of Stigmaria ficoides. *Palæontographical Soc.*, vol. XL, 1887.
— **4.** On the light thrown upon the question of the growth and development of the carboniferous arborescent Lepidodendra by a study of the details of their organisation. *Mem. and. proc. Manchester lit. and phil. Soc.*, 4e série, vol. IX, 1895.
— **5.** On the organisation of the fossil plants of the coal-measures. *Phil. trans. roy. Soc. London*, 1871-1893 (19 mémoires).
WILLIAMSON et SCOTT. Further observations on the organisation of the fossil plants of the coal-measures, part. I et II. *Phil. trans. roy. Soc. London*, vol. CLXXXV et CLXXXVI, 1895.

WITHAM. *Internal structure of fossil vegetables*, Edinburgh, 1833.
ZEILLER. **1**. Observations sur quelques cuticules fossiles. *Ann. sc. nat., Bot.*, 6e série, t. XIII, 1882.
— **2**. Fructifications de Fougères du terrain houiller. *Ann. des sc. nat., Bot.*, 6e série, t. XVI, 1883.
— **3**. Sur des traces d insectes simulant des empreintes végétales. *Bull. de la Soc. géol. de France*, vol. XII, 1884.
— **4**. Cônes de fructifications de Sigillaires. *Ann. des sc. nat., Bot.*, 6e série, t. XIX, 1884.
— **5**. Sur les affinités du genre Laccopteris. *Bull. de la Soc. bot. de France*, t. XXXII, 1885.
— **6**. Flore fossile du bassin houiller de Valenciennes. *Etudes des gîtes minéraux de la France*, 1886-1888.
— **7**. Flore fossile du bassin houiller et permien d'Autun et d'Epinac, 1re partie, 1890.
— **8**. Flore fossile du terrain houiller de Commentry. 1re partie. *Bull. de la Soc. d'industrie minérale*, 3e série, II, 2e livraison, 1888 ; IV, 2e livr., 1890.
— **9**. Sur la valeur du genre Trizygia. *Bull. de la Soc. géol. de France*, 3e série, t. XIX, 1890-1891.
— **10**. Etude sur la constitution de l'appareil fructificateur des Sphenophyllum. *Mém. de la Soc. géol. de France, Paléontologie*, no 11, 1893.
— **11**. Etude sur quelques fossiles, en particulier Vertebraria et Glossopteris, des environs de Johannesburg (Transvaal). *Bull. de la Soc. géol. de France*, 3e série, t. XXIV, 1896.
— **12**. Observations sur quelques Fougères des dépôts houillers d'Asie Mineure. *Bull. de la Soc. bot. France*, t. XLIV, 1897.
— **13**. Sur la découverte, par M. Amalitzky, de Glossopteris dans le permien supérieur de Russie. *Bull. de la Soc. bot. de France*, t. XLV, 1898.
— **14**. Etude sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée. *Mém. Soc. géol. France, Paléontologie*, mém. no 21, 1899.
— **15**. *Eléments de paléobotanique*, 1 vol. Paris, 1900.
— **16**. Observations sur quelques plantes fossiles des lower

Gondwanas. *Mem. Geol. surv. India : new series*, vol. II, 1902.

Zeiller. **17.** Flore fossile des gîtes de charbon du Tonkin. *Etudes des gîtes minéraux de la France*, 1903.

— **18.** Une nouvelle classe de Gymnospermes : les Ptéridospermées. *Rev. gén. sc. pures et appliquées*, 30 août 1905.

— **19.** Flore fossile du bassin houiller et permien de Blanzy et du Creusot, *in Etudes des gîtes minéraux de la France*, 1906.

— **20.** Sur la flore et sur les niveaux relatifs des sondages houillers de Meurthe-et-Moselle. *C. R. de l'Ac. des Sc.*, 27 mai 1907.

— **21.** Note sur quelques empreintes végétales des gîtes de charbon du Yunnan méridional. *Annales des Mines*, avril 1907.

— **22.** Etude sur le Lepidostrobus Brownii, *Mém. de l'Ac. des sc.*, 1911.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES AUTEURS ET DES MATIÈRES

P

T

U

V

W

X

Z

TABLE SYSTÉMATIQUE DES MATIÈRES

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

Publiée sous la direction du Dr TOULOUSE

Nous avons entrepris la publication, sous la direction générale de son fondateur, le Dr Toulouse, Directeur à l'École des Hautes Études, d'une ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE de langue française dont on mesurera l'importance à ce fait qu'elle est divisée en 40 sections ou Bibliothèques et qu'elle comprendra environ 1.000 volumes. Elle se propose de rivaliser avec les plus grandes encyclopédies étrangères et même de les dépasser, tout à la fois par le caractère nettement scientifique et la clarté de ses exposés, par l'ordre logique de ses divisions et par son unité, enfin par ses vastes dimensions et sa forme pratique.

I

PLAN GÉNÉRAL DE L'ENCYCLOPÉDIE

Mode de publication. — L'*Encyclopédie* se composera de monographies scientifiques, classées méthodiquement et formant dans leur enchaînement un exposé de toute la science. Organisée sur un plan systématique, cette Encyclopédie, tout en évitant les inconvénients des Traités, — massifs, d'un prix global élevé, difficiles à consulter, — et les inconvénients des Dictionnaires, — où les articles scindés irrationnellement, simples chapitres alphabétiques, sont toujours nécessairement incomplets, — réunira les avantages des uns et des autres.

Du Traité, l'*Encyclopédie* gardera la supériorité que possède un ensemble complet, bien divisé et fournissant sur chaque science tous les enseignements et tous les renseignements qu'on en réclame. Du Dictionnaire, l'*Encyclopédie* gardera les facilités de recherches par le moyen d'une table générale, l'*Index* de l'*Encyclopédie*, qui paraîtra dès la publication d'un certain nombre de volumes et sera réimprimé périodiquement. L'*Index* renverra le lecteur aux différents volumes et aux pages où se trouvent traités les divers points d'une question.

Les éditions successives de chaque volume permettront de suivre toujours de près les progrès de la science. Et c'est par là que s'affirme la supériorité de ce mode de publication sur tout autre. Alors que, sous sa masse compacte, un traité, un dictionnaire ne peut être réédité et renouvelé que dans sa totalité et qu'à d'assez longs intervalles, inconvénients graves qu'atténuent mal des suppléments et des appendices, l'*Encyclopédie scientifique*, au contraire, pourra toujours rajeunir les parties qui ne seraient plus au courant des derniers travaux importants. Il est évident, par exemple, que si des livres d'algèbre ou d'acoustique physique peuvent garder leur valeur pendant de nombreuses années, les ouvrages exposant les sciences en formation, comme la chimie physique, la psychologie ou les technologies industrielles, doivent nécessairement être remaniés à des intervalles plus courts.

Le lecteur appréciera la souplesse de publication de cette *Encyclopédie*, toujours vivante, qui s'élargira au fur et à mesure des besoins dans le large cadre tracé dès le début, mais qui constituera toujours, dans son ensemble, un traité complet de la Science, dans chacune de ses sections un traité complet d'une science, et dans chacun de ses livres une monographie complète. Il pourra ainsi n'acheter que telle ou telle section de l'*Encyclopédie*, sûr de n'avoir pas des parties dépareillées d'un tout.

L'*Encyclopédie* demandera plusieurs années pour être achevée ; car pour avoir des expositions bien faites, elle a pris ses collaborateurs plutôt parmi les savants que parmi les professionnels de la rédaction scientifique que l'on retrouve généralement dans les œuvres similaires. Or les savants écrivent peu et lentement : et il est préférable de laisser temporairement sans attribution certains ouvrages que de les confier à des auteurs insuffisants. Mais cette lenteur et ces vides ne présenteront pas d'inconvénients, puisque chaque

livre est une œuvre indépendante et que tous les volumes publiés sont à tout moment réunis par l'*Index* de l'*Encyclopédie*. On peut donc encore considérer l'Encyclopédie comme une librairie, où les livres soigneusement choisis, au lieu de représenter le hasard d'une production individuelle, obéiraient à un plan arrêté d'avance, de manière qu'il n'y ait ni lacune dans les parties ingrates, ni double emploi dans les parties très cultivées.

Caractère scientifique des ouvrages. — Actuellement, les livres de science se divisent en deux classes bien distinctes : les livres destinés aux savants spécialisés, le plus souvent incompréhensibles pour tous les autres, faute de rappeler au début des chapitres les connaissances nécessaires, et surtout faute de définir les nombreux termes techniques incessamment forgés, ces derniers rendant un mémoire d'une science particulière inintelligible à un savant qui en a abandonné l'étude durant quelques années ; et ensuite les livres écrits pour le plus grand public, qui sont sans profit pour des savants et même pour des personnes d'une certaine culture intellectuelle.

L'*Encyclopédie scientifique* a l'ambition de s'adresser au public le plus large. Le savant spécialisé est assuré de rencontrer dans les volumes de sa partie une mise au point très exacte de l'état actuel des questions ; car chaque Bibliothèque, par ses techniques et ses monographies, est d'abord faite avec le plus grand soin pour servir d'instrument d'études et de recherches à ceux qui cultivent la science particulière qu'elle présente, et sa devise pourrait être : *Par les savants, pour les savants.* Quelques-uns de ces livres seront même, par leur caractère didactique, destinés à servir aux études de l'enseignement secondaire ou supérieur. Mais, d'autre part, le lecteur non spécialisé est certain de trouver, toutes les fois que cela sera nécessaire, au seuil de la section, — dans un ou plusieurs volumes de généralités, — et au seuil du volume, dans un chapitre particulier, — des données qui formeront une véritable introduction le mettant à même de poursuivre avec profit sa lecture. Un vocabulaire technique, placé, quand il y aura lieu, à la fin du volume, lui permettra de connaître toujours le sens des mots spéciaux.

II

ORGANISATION SCIENTIFIQUE

Par son organisation scientifique, l'*Encyclopédie* paraît devoir offrir aux lecteurs les meilleures garanties de compétence. Elle est divisée en Sections ou Bibliothèques, à la tête desquelles sont placés des savants professionnels spécialisés dans chaque ordre de sciences et en pleine force de production, qui, d'accord avec le Directeur général, établissent les divisions des matières, choisissent les collaborateurs et acceptent les manuscrits. Le même esprit se manifestera partout : éclectisme et respect de toutes les opinions logiques, subordination des théories aux données de l'expérience, soumission à une discipline rationnelle stricte ainsi qu'aux règles d'une exposition méthodique et claire. De la sorte, le lecteur qui aura été intéressé par les ouvrages d'une section dont il sera l'abonné régulier, sera amené à consulter avec confiance les livres des autres sections dont il aura besoin, puisqu'il sera assuré de trouver partout la même pensée et les mêmes garanties. Actuellement, en effet, il est, hors de sa spécialité, sans moyen pratique de juger de la compétence réelle des auteurs.

Pour mieux apprécier les tendances variées du travail scientifique adapté à des fins spéciales, l'*Encyclopédie* a sollicité, pour la direction de chaque Bibliothèque, le concours d'un savant placé dans le centre même des études du ressort. Elle a pu ainsi réunir des représentants des principaux Corps savants, Établissements d'enseignement et de recherches de langue française :

Institut.
Académie de Médecine.
Collège de France.
Muséum d'Histoire naturelle.
École des Hautes Études.
Sorbonne et École normale.
Facultés des Sciences.
Facultés des Lettres.
Facultés de Médecine.
Instituts Pasteur.
École des Ponts et Chaussées.
École des Mines.
École Polytechnique.
Conservatoire des Arts et Métiers.
École d'Anthropologie.
Institut National agronomique.
École vétérinaire d'Alfort.
École supérieure d'Électricité.
École de Chimie industrielle de Lyon.
École des Beaux-Arts.
École des Sciences politiques.
Observatoire de Paris.
Hôpitaux de Paris.

III

BUT DE L'ENCYCLOPÉDIE

Au XVIIIe siècle, « l'Encyclopédie » a marqué un magnifique mouvement de la pensée vers la critique rationnelle. A cette époque, une telle manifestation devait avoir un caractère philosophique. Aujourd'hui, l'heure est venue de renouveler ce grand effort de critique, mais dans une direction strictement scientifique ; c'est là le but de la nouvelle *Encyclopédie.*

Ainsi la science pourra lutter avec la littérature pour la direction des esprits cultivés, qui, au sortir des écoles, ne demandent guère de conseils qu'aux œuvres d'imagination et à des encyclopédies où la science a une place restreinte, tout à fait hors de proportion avec son importance. Le moment est favorable à cette tentative ; car les nouvelles générations sont plus instruites dans l'ordre scientifique que les précédentes. D'autre part, la science est devenue, par sa complexité et par les corrélations de ses parties, une matière qu'il n'est plus possible d'exposer sans la collaboration de tous les spécialistes, unis là comme le sont les producteurs dans tous les départements de l'activité économique contemporaine.

A un autre point de vue, l'*Encyclopédie*, embrassant toutes les manifestations scientifiques, servira comme tout inventaire à mettre au jour les lacunes, les champs encore en friche ou abandonnés, — ce qui expliquera la lenteur avec laquelle certaines sections se développeront, — et suscitera peut-être les travaux nécessaires. Si ce résultat est atteint, elle sera fière d'y avoir contribué.

Elle apporte en outre une classification des sciences et, par ses divisions, une tentative de mesure, une limitation de chaque domaine. Dans son ensemble, elle cherchera à refléter exactement le prodigieux effort scientifique du commencement de ce siècle et un moment de sa pensée, en sorte que dans l'avenir elle reste le document principal où l'on puisse retrouver et consulter le témoignage de cette époque intellectuelle.

On peut voir aisément que l'*Encyclopédie* ainsi conçue, ainsi réalisée, aura sa place dans toutes les bibliothèques publiques, universitaires et scolaires, dans les laboratoires, entre les mains des savants, des industriels et de tous les hommes instruits qui veulent se tenir

au courant des progrès, dans la partie qu'ils cultivent eux-mêmes ou dans tout le domaine scientifique. Elle fera jurisprudence, ce qui lui dicte le devoir d'impartialité qu'elle aura à remplir.

Il n'est plus possible de vivre dans la société moderne en ignorant les diverses formes de cette activité intellectuelle qui révolutionne les conditions de la vie ; et l'interdépendance de la science ne permet plus aux savants de rester cantonnés, spécialisés dans un étroit domaine. Il leur faut — et cela leur est souvent difficile — se mettre au courant des recherches voisines. A tous, l'*Encyclopédie* offre un instrument unique dont la portée scientifique et sociale ne peut échapper à personne.

IV

CLASSIFICATION DES MATIÈRES SCIENTIFIQUES

La division de l'*Encyclopédie* en Bibliothèques a rendu nécessaire l'adoption d'une classification des sciences, où se manifeste nécessairement un certain arbitraire, étant donné que les sciences se distinguent beaucoup moins par les différences de leurs objets que par les divergences des aperçus et des habitudes de notre esprit. Il se produit en pratique des interpénétrations réciproques entre leurs domaines, en sorte que, si l'on donnait à chacun l'étendue à laquelle il peut se croire en droit de prétendre, il envahirait tous les territoires voisins ; une limitation assez stricte est nécessitée par le fait même de la juxtaposition de plusieurs sciences.

Le plan choisi, sans viser à constituer une synthèse philosophique des sciences, qui ne pourrait être que subjective, a tendu pourtant à échapper dans la mesure du possible aux habitudes traditionnelles d'esprit, particulièrement à la routine didactique, et à s'inspirer de principes rationnels.

Il y a deux grandes divisions dans le plan général de l'*Encyclopédie :* d'un côté les sciences pures, et, de l'autre, toutes les technologies qui correspondent à ces sciences dans la sphère des applications. A part et au début, une Bibliothèque d'introduction générale

est consacrée à la philosophie des sciences (histoire des idées directrices, logique et méthodologie).

Les sciences pures et appliquées présentent en outre une division générale en sciences du monde inorganique et en sciences biologiques. Dans ces deux grandes catégories, l'ordre est celui de particularité croissante, qui marche parallèlement à une rigueur décroissante. Dans les sciences biologiques pures enfin, un groupe de sciences s'est trouvé mis à part, en tant qu'elles s'occupent moins de dégager des lois générales et abstraites que de fournir des monographies d'êtres concrets, depuis la paléontologie jusqu'à l'anthropologie et l'ethnographie.

Étant donnés les principes rationnels qui ont dirigé cette classification, il n'y a pas lieu de s'étonner de voir apparaître des groupements relativement nouveaux, une biologie générale, — une physiologie et une pathologie végétales, distinctes aussi bien de la botanique que de l'agriculture, — une chimie physique, etc.

En revanche, des groupements hétérogènes se disloquent pour que leurs parties puissent prendre place dans les disciplines auxquelles elles doivent revenir. La géographie, par exemple, retourne à la géologie, et il y a des géographies botanique, zoologique, anthropologique, économique, qui sont étudiées dans la botanique, la zoologie, l'anthropologie, les sciences économiques.

Les sciences médicales, immense juxtaposition de tendances très diverses, unies par une tradition utilitaire, se désagrègent en des sciences ou des techniques précises ; la pathologie, science de lois, se distingue de la thérapeutique ou de l'hygiène, qui ne sont que les applications des données générales fournies par les sciences pures, et à ce titre mises à leur place rationnelle.

Enfin, il a paru bon de renoncer à l'anthropocentrisme, qui exigeait une physiologie humaine, une anatomie humaine, une embryologie humaine, une psychologie humaine. L'homme est intégré dans la série animale dont il est un aboutissant. Et ainsi, son organisation, ses fonctions, son développement, s'éclairent de toute l'évolution antérieure et préparent l'étude des formes plus complexes des groupements organiques qui sont offertes par l'étude des sociétés.

On peut voir que, malgré la prédominance de la préoccupation pratique dans ce classement des Bibliothèques de l'*Encyclopédie scientifique*, le souci de situer rationnellement les sciences dans leurs

rapports réciproques n'a pas été négligé. Enfin il est à peine besoin d'ajouter que cet ordre n'implique nullement une hiérarchie, ni dans l'importance ni dans les difficultés des diverses sciences. Certaines, qui sont placées dans la technologie, sont d'une complexité extrême, et leurs recherches peuvent figurer parmi les plus ardues.

Prix de la publication. — Les volumes, illustrés pour la plupart, seront publiés dans le format in-18 jésus et cartonnés. De dimensions commodes, ils auront 400 pages environ, ce qui représente une matière suffisante pour une monographie ayant un objet défini et important, établie du reste selon l'économie du projet qui saura éviter l'émiettement des sujets d'exposition. Le prix étant fixé uniformément à 5 francs, c'est un réel progrès dans les conditions de publication des ouvrages scientifiques, qui, dans certaines spécialités, coûtent encore si cher.

TABLE DES BIBLIOTHÈQUES

DIRECTEUR : Dr TOULOUSE, directeur de Laboratoire à l'École des Hautes Études.

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL : H. PIÉRON,

DIRECTEURS DES BIBLIOTHÈQUES :

1. *Philosophie des Sciences.* P. PAINLEVÉ, de l'Institut, professeur à la Sorbonne.

I. SCIENCES PURES

A. Sciences mathématiques :

2. *Mathématiques.* . . . J. DRACH, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse.

3. *Mécanique.* . . . . . J. DRACH, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse.

B. Sciences inorganiques :

4. *Physique.* . . . . . A. LEDUC, professeur adjoint de Physique à la Sorbonne.

5. *Chimie physique.* . . . J. PERRIN, professeur de chimie physique à la Sorbonne.

6. *Chimie* . . . . . . A. PICTET, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Genève.

7. *Astronomie et Physique céleste.* . J. MASCART, professeur à l'Université, directeur de l'Observatoire de Lyon.

8. *Météorologie.* . . . . J. MASCART, professeur à l'Université, directeur de l'Observatoire de Lyon.

9. *Minéralogie et Pétrographie.* . . . . . A. LACROIX, de l'Institut, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

10. *Géologie.* . . . . . M. BOULE, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

11. *Océanographie physique.* . . . . . . J. RICHARD, directeur du Musée Océanographique de Monaco.

C. Sciences biologiques normatives :

12. *Biologie*
- *A. Biologie générale.* — M. Caullery, professeur de Zoologie à la Sorbonne.
- *B. Océanographie biologique.* — J. Richard, directeur du Musée Océanographique de Monaco.

13. *Physique biologique.* . — A. Imbert, professeur à la Faculté de Médecine de l'Université de Montpellier.

14. *Chimie biologique.* . — G. Bertrand, professeur de Chimie biologique à la Sorbonne, professeur à l'Institut Pasteur.

15. *Physiologie et Pathologie végétales.* . . — L. Mangin, de l'Institut, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

16. *Physiologie.* . . . — J.-P. Langlois, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.

17. *Psychologie.* . . . — E. Toulouse, directeur de Laboratoire à l'Ecole des Hautes Études, médecin en chef de l'asile de Villejuif.

18. *Sociologie.* . . . . — G. Richard, professeur à la Faculté des Lettres de l'Université de Bordeaux.

---

19. *Microbiologie et Parasitologie.* . . . . — A. Calmette, professeur à la Faculté de Médecine de l'Université, directeur de l'Institut Pasteur de Lille, et F. Bezançon, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, médecin des Hôpitaux.

20. *Pathologie.*
- *A. Patholog. médicale.* — M. Klippel, médecin des Hôpitaux de Paris.
- *B. Neurologie.* . — E. Toulouse, directeur de Laboratoire à l'École des Hautes Études, médecin en chef de l'asile de Villejuif.
- *C. Path. chirurgicale.* — L. Picqué, chirurgien des Hôpitaux de Paris.

D. Sciences biologiques descriptives :

21. *Paléontologie* . . . — M. Boule, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

II. Sciences appliquées

A. Sciences mathématiques :

B. Sciences inorganiques :

C. **Sciences biologiques** :

34. *Industries biologiques.* G. Bertrand, professeur de Chimie biologique à la Sorbonne, professeur à l'Institut Pasteur.

35. *Botanique appliquée et agriculture* . . . H. Lecomte, professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

36. *Zoologie appliquée.* . J. Pellegrin, assistant au Muséum d'Histoire naturelle.

37. *Thérapeutique générale et pharmacologie.* . G. Pouchet, membre de l'Académie de Médecine, professeur à la Faculté de Médecine de l'Université de Paris.

38. *Hygiène et médecine publiques.* . . . A. Calmette, professeur à la Faculté de Médecine de l'Université, directeur de l'Institut Pasteur de Lille.

39. *Psychologie appliquée.* E. Toulouse, directeur de Laboratoire à l'École des Hautes Études, médecin en chef de l'asile de Villejuif.

40. *Sociologie appliquée.* Th. Ruyssen, professeur à la Faculté des Lettres de l'Université de Bordeaux.

M. Albert Maire, bibliothécaire à la Sorbonne, est chargé de l'*Index* de l'Encyclopédie scientifique.

Poitiers. — Société française d'Imprimerie



